

2019
موقع طلاب العراق
WWW.iQ-RES.COM
ملزمة الفيزياء
للفرع الاحيائي
حلول اسئلة وامثلة الكتاب وحلول امثلة خارجية
شروحات
ايضاحات
وزاريات
اعداد الاستاذ
سعيد محي تومان
WWW.iQ-RES.COM
@iQRES
/iQRES
موقع طلاب العراق

WWW.iQ-RES.COM

الموقع التعليمي الاول على مستوى العراق

( ... شارك رابط موقعنا ... )

مع اصدقائك لتعم الفائدة

ولا تنسونا من صالح دعائكم










كل ما ينشر في موقعنا من محتوى هو مجاني ولخدمة الطالب العراقي

© WWW.iQ-RES.COM

اولا : جدول يوضح اهم البادئات ورموزها وقيمتها الاسية:

| البادئة | رمزها | قيمتها الاسية |
|---|---|---|
| كَيكا | G | $10^{9}$ |
| ميكا | M | $10^{6}$ |
| كيلو | k | $10^{3}$ |
| ديسي | d | $10^{-1}$ |
| سنتي | c | $10^{-2}$ |
| ملي | m | $10^{-3}$ |
| مايكرو | µ | $10^{-6}$ |
| نانو | n | $10^{-9}$ |
| بيكو | p | $10^{-12}$ |
| فيمتو | F | $10^{-15}$ |

**ملاحظات/**

1- هذه البادئات بالامكان استخدامها مع الوحدات المختلفة.
2- عند التحويل من البادئة (صغيرة او كبيرة) الى الوحدة (نضرب في قيمة تلك البادئة) وعند التحويل من وحدة القياس الى البادئة (نقسم على قيمة تلك البادئة).
3- كل بادئة قيمتها الاسية سالبة فهي بادئة صغيرة وكل بادئة قيمتها الاسية موجبة فهي بادئة كبيرة.
4- سميت الرموز في الجدول اعلاه بالبادئات لانها تسبق الوحدات .
5- عندما تكون بعض رموز أي قانون من القوانين بنفس البادئة فالتحويل من البادئة الى الوحدة ليس ضروريا مالم يكن التحويل شرطا في السؤال .

ثانيا : التناسب الطردي والتناسب العكسي :

بصورة عامة :

عندما (y) تتناسب طرديا مع (x) أي عندما ( $y \alpha x$ ) فان :

$$\frac{y_2}{y_1} = \frac{x_2}{x_1}$$

عندما (y) تتناسب عكسيا مع (x) أي عندما ( $y \alpha \frac{1}{x}$ ) فان :

$$\frac{y_2}{y_1} = \frac{x_1}{x_2}$$

ثالثا : الاسس :

اصفار العدد مع الاس الموجب للاساس عشرة يمكن ان تحذف من العدد وتضاف الى الاس الموجب بعدد الاصفار المحذوفة اما مع الاس السالب فيقل الاس بعدد الاصفار المحذوفة.

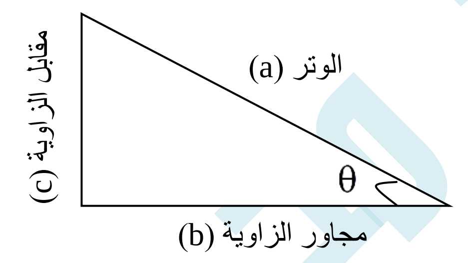
يمكن التخلص من المراتب العشرية لاي عدد وذلك من خلال اضافتها الى الاس السالب او طرحها من الاس الموجب

يمكن ان نحول الكسر العشري الى اس سالب للاساس عشرة وبعدد مراتب الكسر العشري وكذلك يمكن ان نحول العدد الصحيح الى اس موجب للاساس عشرة وبعدد اصفار العدد الصحيح وكما في الجدول ادناه :

| التحويل الى الاس الموجب | العدد الصحيح | التحويل الى اس سالب | الكسر العشري |
|---|---|---|---|
| $10^{1}$ | 10 | $10^{-1}$ | 0.1 |
| $10^{2}$ | 100 | $10^{-2}$ | 0.01 |
| $10^{3}$ | 1000 | $10^{-3}$ | 0.001 |
| $10^{4}$ | 10000 | $10^{-4}$ | 0.0001 |
| $10^{5}$ | 100000 | $10^{-5}$ | 0.00001 |
| $10^{6}$ | 1000000 | $10^{-6}$ | 0.000001 |

رابعا : المثلث القائم الزاوية :

في كل مثلث قائم الزاوية بالامكان تطبيق مبرهنة فيثاغورس (مربع الوتر يساوي مجموع مربع الضلعين القائمين) كما يمكن ان نطبق الدوال المثلثية وهي (tan و cos و sin) وكما يلي :




اولا : مبرهنة فيثاغورس :

$$a^2 = b^2 + c^2$$

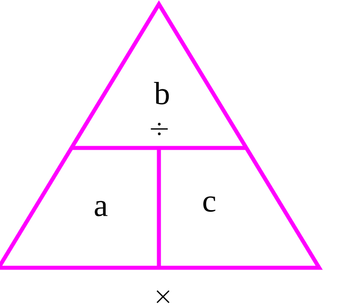
أي ان : $(\text{الوتر})^2 = (\text{المجاور})^2 + (\text{المقابل})^2$

ثانيا : النسب المثلثية :

$$\sin\theta = \frac{c}{a} \quad , \quad \cos\theta = \frac{b}{a} \quad , \quad \tan\theta = \frac{c}{b}$$

من مبرهنة فيثاغورس يمكن معرفة أي ضلع من الاضلاع بمعرفة الضلعين الاخرين وكذلك من الدوال المثلثية بمعرفة ضلعين يمكن معرفة قيمة الدالة ومن قيمة الدالة نستنتج الزاوية وكذلك من معرفة احد الضلعين والزاوية يمكن معرفة أي ضلع اخر من اضلاع المثلث .

خامسا : لاي قانون رياضي مثل $\left(a = \frac{b}{c}\right)$ بالامكان الاستعانة بالمثلث ادناه لايجاد العلاقة بين رموز هذا القانون وكما يلي :



**تذكر**

يمكن حساب جهد الموصل الكروي المنفرد المشحون المعزول على بعد (r) عن مركز الشحنة وفقا للعلاقة التالية:

$$V = k\frac{Q}{r} \quad , \quad \because k = \frac{1}{4\pi\varepsilon_o} = 9\times10^9 \, N.m^2/C^2$$

$$\therefore \; V = \frac{1}{4\pi\varepsilon_o}\frac{Q}{r}$$

حيث :

k : ثابت التناسب في قانون كولوم .  ،  $\varepsilon_o$ : سماحية الفراغ ومقدارها ($\varepsilon_o = 8.85\times10^{-12} C^2/N.m^2$).

س/ لماذا لا يستعمل الموصل الكروي المنفرد المعزول في تخزين الشحنات الكهربائية ؟
(او نادرا ما يستخدم الموصل المنفرد لتخزين الشحنات الكهربائية ؟ )

ج/ لأنه يخزن كمية محددة من الشحنات الكهربائية وان الاستمرار باضافة الشحنات له سيؤدي الى زيادة جهده الكهربائي على بعد معين (r) عن مركز الشحنة وفقا للعلاقة ($V = k\frac{Q}{r}$) وبالتالي سوف يزداد فرق الجهد بينه وبين الهواء فيزداد المجال الكهربائي الى الحد الذي قد يحصل عنده التفريغ الكهربائي خلال الهواء المحيط به .

س/ ماذا يحصل ؟ ولماذا ؟ عند الاستمرار بإضافة الشحنات الى الموصل الكروي المنفرد المشحون المعزول ؟

ج/ يحصل تفريغ كهربائي خلال الهواء المحيط به . لان الاستمرار باضافة الشحنات يتسبب بزيادة الجهد الكهربائي للموصل على بعد معين (r) عن مركز الشحنة وفقا للعلاقة ($V = k\frac{Q}{r}$) وبالتالي يزداد فرق الجهد الكهربائي بينه وبين الهواء وعندها يزداد مقدار المجال الكهربائي الى الحد الذي يحصل عنده التفريغ الكهربائي.

س/ ما العلاقة بين شحنة الموصل الكروي وجهده معززا اجابتك بالمعادلة الرياضية؟

ج/ العلاقة طردية . $V = k\frac{Q}{r}$.

س/ هل يمكن صنع جهاز يستعمل لخزن مقادير كبيرة من الشحنات الكهربائية وتختزن فيه الطاقة الكهربائية؟

ج/ نعم باستعمال نظام يتألف من موصلين (بأي شكلين كانا) معزولين يفصل بينهما عازل (اما الفراغ او الهواء او مادة عازلة كهربائيا) . فيكون بإمكانه اختزان شحنات موجبة على احد الموصلين وشحنات سالبة على الموصل الآخر يسمى متسعة .

س/ ما المقصود بالمتسعة ؟ عدد انواعها من حيث الشكل الهندسي.

ج/ هي جهاز يستعمل لتخزين الشحنات الكهربائية والطاقة الكهربائية في المجال الكهربائي بين صفيحتيها حيث تتكون من زوج او اكثر من الصفائح الموصلة يفصل بينهما عازل .

اما انواعها فهي :
1- المتسعة ذات الصفيحتين المتوازيتين .
2- المتسعة ذات الاسطوانتين المتمركزتين.
3- المتسعة ذات الكرتين المتمركزتين.

س/ ما الغرض من المتسعة ؟

ج/ تستعمل لخزن الشحنة الكهربائية والطاقة الكهربائية في المجال الكهربائي بين صفيحتيها .

**المتسعة ذات الصفيحتين المتوازيتين :**

تتألف هذه المتسعة من صفيحتين موصلتين مستويتين متماثلتين متقاربتين معزولتين عن بعضهما ومتوازيتين ومساحة كل منهما (A) وتبعدان عن بعضهما بالبعد (d) تكون الصفيحتين ابتداءا غير مشحونتين وبعد شحن المتسعة تظهر على الصفيحتين شحنتين متساويتين مقدارا ومختلفتين نوعا.

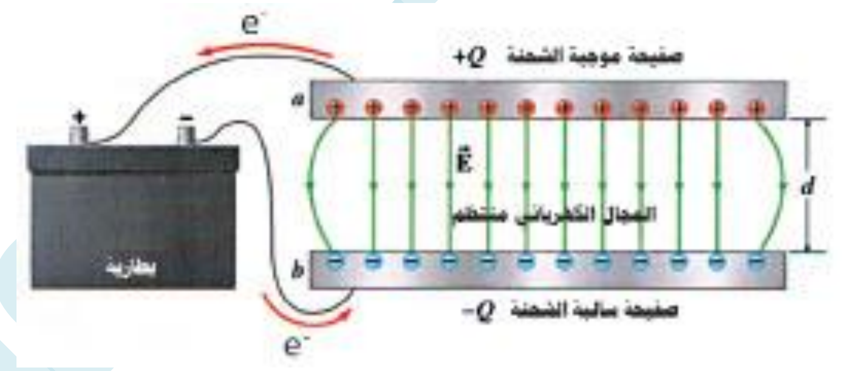
س/ كيف يتم شحن المتسعة ذات الصفيحتين المتوازيتين ؟

ج/ يتم شحن المتسعة وذلك بربطها بين قطبي بطارية بحيث :

- تربط احدى صفيحتيها الى القطب الموجب الى البطارية فتظهر عليها شحنة موجبة (+Q) ويكون جهدها موجب (+V) .
- نربط الصفيحة الاخرى الى القطب السالب للبطارية فتظهر عليها شحنة سالبة (-Q) مساوية لها بالمقدار ويكون جهدها (-V) .

**انتبه عزيزي الطالب :**

- كلا الشحنتين تقعان على السطحين المتقابلين للصفيحتين بسبب قوى التجاذب بين تلك الشحنات وهذا يعني ان الصفيحتين تحملان شحنتين متساويتين مقدارا ومختلفتين نوعا فيكون صافي الشحنة على الصفيحتين يساوي صفر .
- جميع نقاط الصفيحة الواحدة المشحونة بجهد متساو لانها مصنوعة من مادة موصلة ومعزولة ويتولد بين الصفيحة ذات الجهد العالي (الصفيحة الموجبة) والصفيحة ذات الجهد الواطئ (الصفيحة السالبة) فرق جهد كهربائي ($\Delta V$) مقداره يعتمد على مقدار الشحنة المختزنة في اي من صفيحتي المتسعة.
- يتولد بين صفيحتي المتسعة مجال كهربائي (E) منتظم الا عند الحافات فيكون غير منتظم ولكون البعد بين صفيحتي المتسعة صغير جدا مقارنة بابعاد الصفيحة الواحدة لذلك يهمل عدم انتظام المجال الكهربائي عند الحافات.




س/ لماذا يكون صافي الشحنة على صفيحتي المتسعة يساوي صفر؟

ج/ لان كلا من صفيحتيها تحملان شحنتين متساويتين مقدارا ومختلفتين نوعا .

س/ لماذا يهمل عدم انتظام المجال الكهربائي عند الحافات في المتسعة ذات الصفيحتين المتوازيتين؟

ج/ لان البعد بين الصفيحتين صغير جدا مقارنة بابعاد الصفيحة الواحدة .

س/ ميز بين شحنة المتسعة والشحنة الكلية للمتسعة ؟

ج/ المقصود بشحنة المتسعة هي شحنة واحدة من صفيحتيها الموجبة او السالبة ، اما الشحنة الكلية للمتسعة فهي شحنة الصفيحتين معا الموجبة والسالبة ومقدارها يساوي صفر .

س/ اين تقع الشحنات الموجبة والسالبة في المتسعات ؟ ولماذا ؟

ج/ تقع الشحنات على السطحين المتقابلين للصفيحتين . بسبب قوى التجاذب بين تلك الشحنات.

س/ لماذا تكون جميع نقاط الصفيحة الواحدة للمتسعة المشحونة بجهد متساوٍ؟

ج/ وذلك لان صفيحتي المتسعة مصنوعتان من مادة موصلة ومعزولتان .

يرمز للمتسعة في الدوائر الكهربائية بالرمز ⊣⊢ او ⊣⊢ وينطبق هذا الرمز على جميع المتسعات .

- وجد عمليا ان فرق الجهد بين صفيحتي المتسعة يتناسب طرديا مع مقدار الشحنة (Q) المختزنة في أي من صفيحتي المتسعة .

أي ان :

$$\Delta V \propto Q \quad \Rightarrow \quad \Delta V = \frac{1}{constant} . Q \quad \Rightarrow \quad \frac{Q}{\Delta V} = constant$$

والمقدار الثابت (constant) يسمى سعة المتسعة ويرمز لها بالرمز (C) . لذلك بثبوت سعة المتسعة (C) فان :

$$\frac{\Delta V_2}{\Delta V_1} = \frac{Q_2}{Q_1}$$

C = constant

وعندما يكون العازل بين صفيحتي المتسعة الفراغ او الهواء فان العلاقة بين سعة المتسعة (C) والشحنة المختزنة في أي من صفيحتيها (Q) وفرق الجهد بين الصفيحتين (ΔV) يعبر عنها كما يلي :

$$C = \frac{Q}{\Delta V}$$

**(اذا كان العازل بين الصفيحتين فراغ او هواء)**

- تقاس سعة المتسعة بالفاراد ورمزه (F) او اجزاءه وتقاس الشحنة بالكولوم ورمزه (C) او اجزاءه ويقاس فرق الجهد بالفولط ورمزه (V) لذلك (F=C/V) .
- اجزاء الفاراد او اجزاء الكولوم هي الملي (m) والمايكرو (μ) والنانو (n) والبيكو (P) وتسمى هذه الاجزاء بادئات القياس حيث :

$m=10^{-3}$ , $\mu=10^{-6}$ , $n=10^{-9}$ , $p=10^{-12}$

- في حال استخدام قانون السعة بموجب التعريف ( $C = \frac{Q}{\Delta V}$ ) فان التحويل من البادئة الى الوحدة ليس ضروريا ما لم يكن شرطا من شروط ذلك السؤال فبادئة الشحنة هي بادئة السعة وبادئة السعة هي بادئة الشحنة.

س/ ما المقصود بسعة المتسعة ؟ وما هي وحدة قياسها ؟

ج/ هي نسبة الشحنة المختزنة في أي من صفيحتيها الى مقدار فرق الجهد الكهربائي بين الصفيحتين . تقاس سعة المتسعة بوحدة الفاراد .

س/ لماذا يزداد فرق الجهد الكهربائي بين صفيحتي المتسعة ثابتة السعة عند زيادة مقدار الشحنة في أي من صفيحتيها؟

ج/ لان فرق الجهد الكهربائي (ΔV) بين الصفيحتين يتناسب طرديا مع مقدار الشحنة (Q) على أي من صفيحتيها .

س/ ما المقصود بالفاراد؟

ج/ هو سعة متسعة تختزن شحنة مقدارها كولوم واحد وفرق الجهد بين طرفيها فولط واحد.

س/ اشتق الفاراد بالوحدات الاساسية .

ج/

$$F = \frac{C}{V} = \frac{C}{\frac{J}{C}} = \frac{C^2}{J} = \frac{C^2}{N.m} = \frac{C^2}{kg.\frac{m}{s^2}.m} = \frac{C^2.s^2}{kg.m^2}$$

س/ ما المقصود بان سعة متسعة 2μF؟

ج/ يعني ذلك بان كمية الشحنة اللازمة لرفع فرق جهد المتسعة واحد فولط تساوي 2μC .

س/ علامَ يعتمد فرق الجهد بين صفيحتي متسعة مشحونة ثابتة السعة ؟

ج/ يعتمد على مقدار الشحنة المختزنة في أي من صفيحتي المتسعة (تناسب طردي).

س/ ما تفسير العبارة (المتسعة ذات السعة الأكبر تستوعب شحنة اكبر)؟

ج/ لان سعة المتسعة هي مقياس لمقدار الشحنة اللازم وضعها على أي من صفيحتي المتسعة لتوليد فرق جهد كهربائي معين بينهما .

**المجال الكهربائي بين صفيحتي المتسعة**: **هو نسبة فرق الجهد (ΔV) بين صفيحتي المتسعة إلى البعد (d) بين الصفيحتين .**

لذلك وبموجب هذا التعريف وعندما يكون العازل بين الصفيحتين فراغ او هواء فان العلاقة بين المجال الكهربائي (E) وفرق الجهد (ΔV) والبعد بين الصفيحتين (d) هي:

$$E = \frac{\Delta V}{d}$$

وحدة المجال الكهربائي هي نيوتن \ كولوم (N/C) او فولط\متر (V/m)

واستنادا إلى هذه العلاقة فان :

1) المجال الكهربائي (E) بين صفيحتي المتسعة يتناسب طرديا مع فرق الجهد (ΔV) بثبوت البعد بين الصفيحتين وتناسبا عكسيا مع البعد بثبوت فرق الجهد الكهربائي بين الصفيحتين .

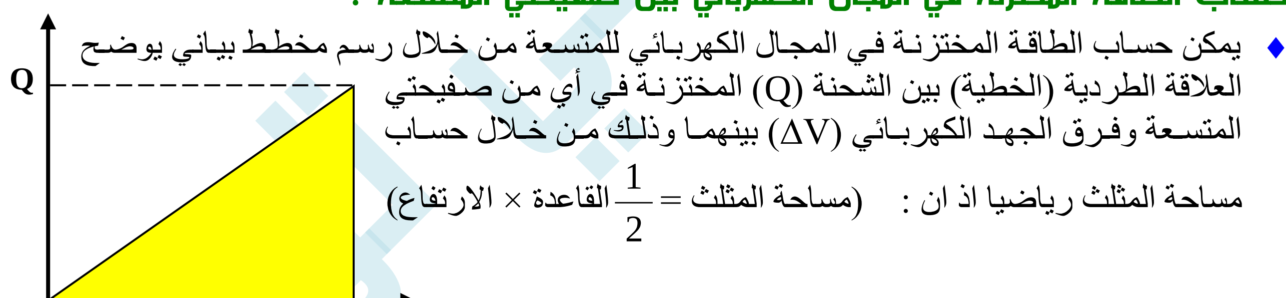
لذلك :

$E \; \alpha \; \Delta V$ بثبوت البعد بين صفيحتي المتسعة

$E \; \alpha \; \frac{1}{d}$ بثبوت فرق الجهد بين صفيحتي المتسعة حيث يثبت فرق الجهد اذا كانت المتسعة متصلة بالبطارية

2) يثبت المجال الكهربائي بين صفيحتي المتسعة إذا كان كل من فرق الجهد والبعد ثابتين او متغيرين في ان واحد حيث يتغير فرق الجهد بتغير البعد بين الصفيحتين بعلاقة طردية عندما تكون المتسعة منفصلة عن البطارية.

**حساب الطاقة المختزنة في المجال الكهربائي بين صفيحتي المتسعة :**




- يمكن حساب الطاقة المختزنة في المجال الكهربائي للمتسعة من خلال رسم مخطط بياني يوضح العلاقة الطردية (الخطية) بين الشحنة (Q) المختزنة في أي من صفيحتي المتسعة وفرق الجهد الكهربائي (ΔV) بينهما وذلك من خلال حساب مساحة المثلث رياضيا اذ ان : (مساحة المثلث = $\frac{1}{2}$ القاعدة × الارتفاع)

حيث : (القاعدة تمثل ΔV) ، (الارتفاع يمثل الشحنة Q) ، (مساحة المثلث تمثل الطاقة المختزنة PE) لذلك يعبر عن الطاقة المختزنة وفقا للعلاقات الاتية :

$$PE_{electric} = \frac{1}{2}\Delta V.Q \quad or \quad PE_{electric} = \frac{1}{2}C.(\Delta V)^2 \quad or \quad PE_{electric} = \frac{1}{2}\frac{Q^2}{C}$$

تقاس الطاقة المختزنة في المجال الكهربائي بالجول (J) عندما تكون الشحنة بالكولوم (C) وفرق الجهد بالفولط (V) والسعة بالفاراد (F) .

كذلك يمكن حساب القدرة الكهربائية المختزنة في المتسعة من العلاقة التالية :

$$Power(P) = \frac{PE_{electric}}{time(t)}$$

وحدة قياس القدرة هي الواط عندما تكون الطاقة بالجول والزمن بالثانية .

س/ ماذا يتطلب لنقل كمية من الشحنات من موقع الى اخر؟

ج/ يتطلب انجاز شغل على تلك الشحنات وهذا الشغل يختزن بشكل طاقة كامنة كهربائية ($PE_{electric}$) في المجال الكهربائي بين الموقعين.

س/ اثبت رياضيا عندما يتضاعف فرق الجهد الكهربائي بين صفيحتي متسعة ثابتة السعة تصبح الطاقة المختزنة في المجال الكهربائي بين الصفيحتين اربعة امثال ؟

ج/

$$PE_2 = \frac{1}{2}C_2.(\Delta V_2)^2 = \frac{1}{2}C_1.(2\Delta V_1)^2 = \frac{1}{2}C_1.(4\Delta V_1^2) = 4(\frac{1}{2}C_1.\Delta V_1^2)$$

$$\therefore\ PE_2 = 4PE_1$$

س/ متسعتان سعة الاولى ربع سعة الثانية وفرق الجهد بين صفيحتيها ضعف فرق الجهد بين صفيحتي المتسعة الثانية اثبت بان الطاقة المختزنة في المجال الكهربائي بين صفيحتي كل منهما متساوية .

ج/

$$\frac{PE_1}{PE_2} = \frac{\frac{1}{2}C_1.(\Delta V_1)^2}{\frac{1}{2}C_2.(\Delta V_2)^2} \Rightarrow \frac{PE_1}{PE_2} = \frac{C_1.(\Delta V_1)^2}{C_2.(\Delta V_2)^2}$$

$$\because\ C_1 = \frac{1}{4}C_2 \quad , \quad \Delta V_1 = 2\Delta V_2$$

$$\therefore\ \frac{PE_1}{PE_2} = \frac{\frac{1}{4}C_2.(2\Delta V_2)^2}{C_2.(\Delta V_2)^2} \Rightarrow \frac{PE_1}{PE_2} = \frac{\frac{1}{4}\times 4(\Delta V_2)^2}{(\Delta V_2)^2} \Rightarrow \frac{PE_1}{PE_2} = 1 \Rightarrow PE_1 = PE_2$$

## العازل الكهربائي: (Dielectric)

س/ بماذا تمتاز المواد العازلة كهربائيا ؟

ج/ 1- غير موصلة للكهربائية (عازلة) عند الظروف الاعتيادية .

2- تعمل على تغيير المجال الكهربائي الموضوعة فيه .

**تصنف المواد العازلة كهربائيا إلى نوعين :**

**النوع الأول : العوازل القطبية** مثل الماء النقي اذ تمتلك جزيئاته عزوما كهربائية ثنائية القطب دائمية فيكون التباعد بين مركزي شحنتيها الموجبة والسالبة ثابتا (مثل هذه الجزيئة تسمى دايبول أي جزيئة ثنائية القطب) .

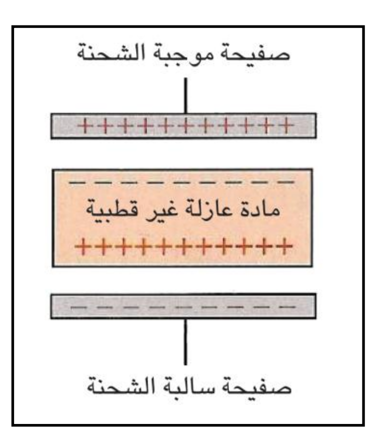
**النوع الثاني : العوازل غير القطبية** مثل الزجاج والبولي ثيلين حيث يكون التباعد بين مركزي شحنتيها الموجبة والسالبة غير ثابتا

سعيد محي تومان

**س/ ماذا يحصل عند إدخال عازل قطبي بين صفيحتي متسعة مشحونة ؟**

ج/ بإدخال عازل قطبي بين صفيحتي متسعة مشحونة فان المجال الكهربائي بين صفيحتيها سيؤثر في هذه الدايبولات ويجعل معظمها يصطف بموازاة المجال ونتيجة لذلك يتولد مجال كهربائي داخل العازل $(E_d)$ اتجاهه معاكسا لاتجاه المجال الخارجي المؤثر$(E)$ واقل منه مقدارا وبالنتيجة يقل المجال الكهربائي المحصل $(E_K)$ بين صفيحتي المتسعة

**س/ ماذا يحصل عند إدخال عازل غير قطبي بين صفيحتي متسعة مشحونة ؟**




ج/ بإدخال عازل غير قطبي بين صفيحتي متسعة مشحونة سيعمل المجال الكهربائي بين صفيحتي المتسعة على إزاحة مركزي الشحنتين الموجبة والسالبة في الجزيئة الواحدة بإزاحة ضئيلة وهذا يعني بأنها تكتسب بصورة مؤقتة عزوما كهربائية ثنائية القطب بطريقة الحث الكهربائي وبهذا يتحول الجزيء إلى دايبول كهربائي يصطف باتجاه المجال الكهربائي المؤثر فتظهر شحنة سطحية موجبة على وجه العازل المقابل للصفيحة السالبة للمتسعة بينما تظهر شحنة سطحية سالبة على وجه العازل المقابل للصفيحة الموجبة (ولكن يبقى العازل متعادل كهربائيا) وبالتالي يصبح العازل مستقطبا والشحنتان السطحيتان على وجهي العازل تولدان مجالا كهربائيا $(E_d)$ داخل العازل يعاكس في اتجاهه اتجاه المجال المؤثر بين الصفيحتين $(E)$ فيعمل على إضعاف المجال الكهربائي الخارجي المؤثر فيقل المجال الكهربائي المحصل $(E_K)$ بين صفيحتي المتسعة .

**خلاصة**

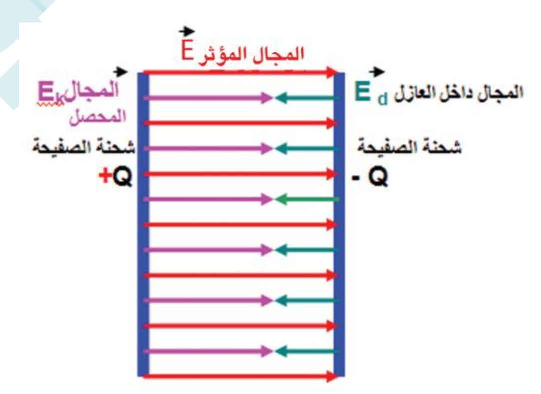
**ان وضع العازل غير القطبي بين صفيحتي المتسعة سيستقطب جزيئات العازل أي تنفصل شحناته بحيث تتجمع الشحنات الموجبة قرب الصفيحة السالبة بينما تتجمع الشحنات السالبة قرب الصفيحة الموجبة .وان استقطاب الشحنات على طرفي العازل سيؤدي إلى تكوين مجالا كهربائيا بعكس اتجاه المجال الأصلي المتولد بين الصفيحتين مما يسبب إضعافه .**

**بينما وضع العازل القطبي بين صفيحتي المتسعة المشحونة فان المجال الكهربائي بين صفيحتيها سيؤثر على جزيئات العازل ويجعلها تصطف بموازاة المجال فيتولد مجال كهربائي داخل العازل بعكس اتجاه المجال الأصلي المتولد بين الصفيحتين مما يسبب اضعافه.**

- في كلا نوعي العازل فان المجال الكهربائي المحصل بين صفيحتي متسعة تحتوي على عازل سيكون :

يكون اتجاه المجال المحصل باتجاه المجال الأصلي

$$E_k = E - E_d$$




حيث :

$E_k$ : المجال الكهربائي المحصل بوجود العازل ، $E$ : المجال الكهربائي المؤثر بين الصفيحتين بوجود الفراغ

$E_d$ : المجال الكهربائي داخل العازل

أي ان المجال الكهربائي المحصل بين صفيحتي متسعة مشحونة ومنفصلة عن المصدر (البطارية) يقل بنسبة ثابت العزل $(k)$ فيكون:

$$E_K = \frac{E}{k}$$

وبما ان العلاقة بين فرق الجهد $(\Delta V)$ والمجال الكهربائي $(E)$ طردية بثبوت البعد بين الصفيحتين $(d)$ لذلك فان ادخال العازل بين صفيحتي متسعة مشحونة ومنفصلة عن المصدر (البطارية) سيقلل فرق الجهد بين الصفيحتين $(\Delta V_k)$ بنسبة ثابت العزل $(k)$ عن قيمته بالفراغ او الهواء وكما يلي :

$$E = \frac{\Delta V}{d} \quad \Rightarrow \quad E_k = \frac{\Delta V_k}{d} \quad \Rightarrow \quad \frac{E}{k} = \frac{\Delta V_k}{d} \quad \Rightarrow \quad \frac{Ed}{k} = \Delta V_k$$

لذلك فان :

$$\Delta V_k = \frac{\Delta V}{k}$$

وحيث ان العلاقة عكسية بين سعة المتسعة وفرق الجهد بين صفيحتيها عند ثبوت مقدار الشحنة (تثبت الشحنة اذا كانت المتسعة منفصلة عن المصدر) فان إدخال العازل بين صفيحتي المتسعة سيؤدي إلى زيادة سعتها بنسبة ثابت العزل الكهربائي $(k)$ عن سعتها بوجود الفراغ او الهواء .

$$C_k = \frac{Q_k}{\Delta V_k} = \frac{Q}{\frac{\Delta V}{k}} = k\frac{Q}{\Delta V} \quad \Rightarrow \quad C_k = kC$$

ومنها فان :

$$k = \frac{C_K}{C}$$

حيث :

$C_K$ : سعة المتسعة بوجود العازل

$C$ : سعة المتسعة بوجود الفراغ او الهواء

$k$ : ثابت العزل الكهربائي للمادة العازلة وهو **السماحية النسبية للمادة** .

س/ ما المقصود بثابت العزل الكهربائي ؟ وما هي وحدة قياسه ؟ وعلام يعتمد؟

ج/ هو نسبة سعة المتسعة بوجود العازل الى سعة المتسعة بوجود الفراغ او الهواء وهو صفة مميزة للوسط العازل . وهو عدد مجرد من الوحدات ويعتمد على نوع المادة العازلة .

**ملاحظات**

**عند ادخال عازل ثابت عزله $(k)$ بين صفيحتي متسعة فان** :

1- سعتها تزداد بنسبة ثابت العزل $(k)$ عن سعتها بالفراغ او الهواء وبغض النظر عن كونها متصلة بالمصدر ام منفصلة عنه وفقا للعلاقة الرياضية الاتية :

$$C_K = kC$$

**اذا كانت المتسعة متصلة بالمصدر ام منفصلة عنه**

2- الشحنة المختزنة في أي من صفيحتيها اما ان تزداد بنسبة (k) (اذا ادخل العازل والمتسعة متصلة بالمصدر) او لا تتاثر (تبقى ثابتة) (اذا فصلت المتسعة عن المصدر وادخل العازل) كما في العلاقات الاتية :

$$Q_K = kQ$$

اذا كانت المتسعة متصلة بالمصدر

or

$$Q_K = Q$$

اذا كانت المتسعة منفصلة عن المصدر

أي ان الشحنة بعد العازل تساوي الشحنة قبل العازل .

3- فرق الجهد الكهربائي بين صفيحتي المتسعة اما ان يبقى ثابت (اذا ادخل العازل والمتسعة متصلة بالمصدر) او يقل بنسبة (k) عن قيمته بالفراغ اوالهواء (اذا فصلت المتسعة عن المصدر وادخل العازل) كما في العلاقات التالية :

$$\Delta V_K = \Delta V$$

اذا كانت المتسعة متصلة بالمصدر

أي ان فرق الجهد بعد العازل يساوي فرق الجهد قبل العازل .

or

$$\Delta V_k = \frac{\Delta V}{k}$$

اذا كانت المتسعة منفصلة عن المصدر

لذلك بوجود العازل فان الشحنة وفرق الجهد لا يتغيران في ان واحد فاحدهما يتغير والاخر يبقى ثابت فلو ادخل العازل والمتسعة مازالت متصلة بالبطارية تتغير (تزداد) الشحنة بعلاقة طردية مع السعة ويثبت فرق الجهد ولو فصلت المتسعة عن البطارية وادخل العازل يتغير فرق الجهد (يقل) بعلاقة عكسية مع السعة وتثبت الشحنة .

4- المجال الكهربائي بين صفيحتي المتسعة اما ان يبقى ثابت (اذا ادخل العازل والمتسعة متصلة بالمصدر) او يقل بنسبة (k) عن قيمته بالفراغ او الهواء (اذا فصلت المتسعة عن المصدر وادخل العازل) كما في العلاقات التالية :

$$E_K = E$$

اذا كانت المتسعة متصلة بالمصدر

أي ان المجال الكهربائي بعد العازل يساوي المجال الكهربائي قبل العازل .

or

$$E_k = \frac{E}{k}$$

اذا كانت المتسعة منفصلة عن المصدر

5- الطاقة المختزنة في المجال الكهربائي بين صفيحتي المتسعة اما ان تزداد بنسبة (k) بسبب زيادة الشحنة وثبوت فرق الجهد (اذا ادخل العازل والمتسعة مازالت متصلة بالمصدر) او تقل بنسبة (k) بسبب نقصان فرق الجهد وثبوت الشحنة (اذا فصلت المتسعة عن المصدر وادخل العازل) وكما في العلاقات الاتية .

$$PE_k = k\,PE$$

للمتسعة المتصلة بالمصدر

or

$$PE_k = \frac{PE}{k}$$

للمتسعة المنفصلة عن المصدر

س/ بماذا تمتاز العوازل القطبية ؟
ج/ تمتاز بما يلي :
1- تمتلك جزيئاته عزوما كهربائية ثنائية القطب دائمية (تسمى الجزيئة دايبول) .
2- يكون التباعد بين مركزي الشحنتين الموجبة والسالبة ثابتا في الجزيئة الواحدة .
3- تصطف معظم جزيئاته بموازاة المجال الكهربائي المؤثر عند ادخال هذا العازل بين صفيحتي متسعة مشحونة.
4- يتولد مجالا كهربائيا داخل العازل اتجاهه معاكسا للمجال الخارجي المؤثر واقل منه مقدارا فيقل المجال الكهربائي المحصل بين صفيحتي المتسعة.

س/ بماذا تمتاز العوازل غير القطبية ؟
ج/ تمتاز بما يلي :
1- تمتلك جزيئاته عزوما كهربائية (دايبولات) مؤقتة بطريقة الحث الكهربائي عند ادخاله بين صفيحتي متسعة مشحونة حيث يعمل المجال الكهربائي بين الصفيحتين على ازاحة مركزي الشحنتين الموجبة والسالبة في الجزيئة الواحدة بازاحة ضئيلة.
2- يكون التباعد بين مركزي الشحنتين الموجبة والسالبة غير ثابت في الجزيئة الواحدة.
3- تظهر شحنة سطحية موجبة على وجه العازل المقابل للصفيحة السالبة للمتسعة وتظهر شحنة سطحية سالبة على وجه العازل المقابل للصفيحة الموجبة (ولكن يبقى العازل متعادل كهربائيا).
4- يصبح العازل مستقطبا والشحنتان السطحيتان على وجهي العازل تولدان مجالا كهربائيا داخل العازل يعاكس المجال الخارجي المؤثر فيعمل على اضعافه وبالنتيجة يقل المجال الكهربائي المحصل بين صفيحتي المتسعة.

س/ ما الفرق بين عازل جزيئاته قطبية وعازل آخر جزيئاته ليست قطبية ؟

| ت | عازل جزيئاته قطبية | عازل جزيئاته ليست قطبية |
|---|---|---|
| 1- | لها عزم ثنائي قطبي دائم . | لها عزم ثنائي قطبي مؤقت . |
| 2- | التباعد ثابت بين شحناتها الموجبة والسالبة . | لا يوجد تباعد ثابت بين شحناتها الموجبة والسالبة . |
| 3- | تصطف بموازاة خطوط المجال المؤثر وتحافظ على اتجاهها بعد زوال المجال الخارجي . | يصبح لها عزم ثنائي قطبي وهي داخل المجال ويزول هذا العزم بعد زوال المجال الخارجي . |

س/ ما تاثير المجال الكهربائي المنتظم في المواد العازلة غير القطبية الموضوعة بين صفيحتي متسعة مشحونة ؟
ج/ يعمل المجال الكهربائي بين صفيحتي المتسعة على ازاحة مركزي الشحنتين الموجبة والسالبة في الجزيئة الواحدة بازاحة ضئيلة وهذا يعني انها تكتسب بصورة مؤقتة عزوما كهربائية ثنائية القطب بطريقة الحث الكهربائي وبهذا يتحول الجزيء الى دايبول كهربائي يصطف باتجاه المجال الكهربائي ويصبح العازل مستقطب .

س/ في أي نوع من انواع العوازل الكهربائية تظهر شحنات سطحية على وجهيها ؟ ذاكرا العلاقة الرياضية للمجال الكهربائي المتولد من هذه الشحنات .
ج/ العوازل غير القطبية . $E_k = E - E_d$

س/ اشرح نشاط يبين تأثير إدخال العازل الكهربائي بين صفيحتي متسعة مشحونة ومفصولة عن البطارية في مقدار فرق الجهد الكهربائي بينهما (تجربة فراداي) ، وما تاثيرة في سعة المتسعة ؟

**أدوات النشاط :**

متسعة ذات الصفيحتين المتوازيتين (العازل بينهما هواء) غير مشحونة ، بطارية فولطيتها مناسبة ، جهاز فولطميتر (V) ، أسلاك توصيل ، لوح من مادة عازلة كهربائيا (ثابت عزلها K) .

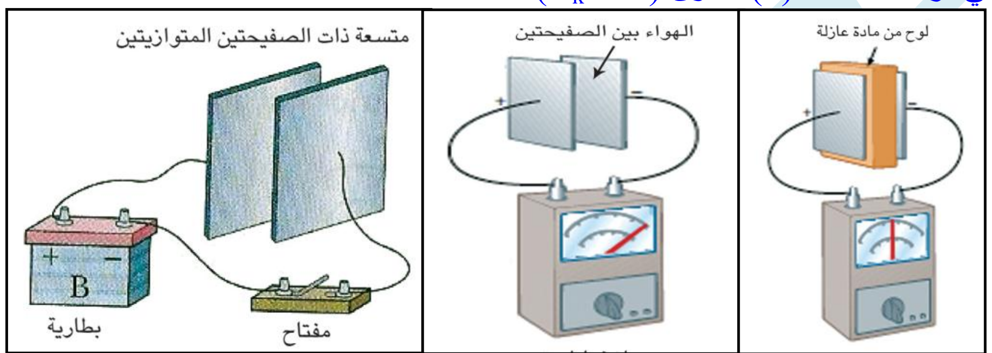
**خطوات النشاط :**

- نربط احد قطبي البطارية بإحدى الصفيحتين ثم نربط القطب الآخر بالصفيحة الثانية ستنشحن إحدى الصفيحتين بالشحنة الموجبة (+Q) والأخرى بالشحنة السالبة (-Q) .
- نفصل البطارية عن الصفيحتين .

- نربط الطرف الموجب للفولطميتر (V) بالصفيحة الموجبة ونربط طرفه السالب بالصفيحة السالبة نلاحظ انحراف مؤشر الفولطميتر عند قراءة معينة ويعني ذلك تولد فرق جهد كهربائي ($\Delta V$) بين صفيحتي المتسعة المشحونة في الحالة التي يكون فيها الهواء هو العازل بينهما .
- ندخل اللوح العازل بين صفيحتي المتسعة المشحونة نلاحظ حصول نقصان في قراءة الفولطميتر($\Delta V$) .

**الاستنتاج :**

نستنتج من النشاط إدخال مادة عازلة كهربائيا ثابت عزلها (k) بين صفيحتي المتسعة المشحونة يتسبب في إنقاص فرق الجهد الكهربائي بينهما بنسبة مقدارها ثابت العزل (k) فتكون ( $\Delta V_K = \frac{\Delta V}{k}$ ) ونتيجة لنقصان فرق الجهد بين الصفيحتين تزداد سعة المتسعة طبقا للمعادلة ( $C = \frac{Q}{\Delta V}$ ) بثبوت مقدار الشحنة Q أي ان سعة المتسعة بوجود العازل الكهربائي تزداد بالعامل (k) فتكون ($C_k$=kC) .




س/ اذكر العلاقة الرياضية للمجال الكهربائي المحصل اتجاها ومقدارا بين صفيحتي متسعة وضع عازل بينهما؟

ج/

$\vec{E}_k = \vec{E} + \vec{E}_d$ اتجاها , $E_k = E - E_d$ مقدارا

س/ اثبت رياضيا بان سعة متسعة مشحونة ومفصولة عن البطارية تزداد بالعامل (k) لو ادخل عازل بين صفيحتيها غير الهواء.

ج/

$$C_k = \frac{Q_k}{\Delta V_k} = \frac{Q}{\frac{\Delta V}{k}} = k\left(\frac{Q}{\Delta V}\right) \Rightarrow C_k = kC$$

س/ اثبت رياضيا بان فرق الجهد بين صفيحتي متسعة مشحونة ومفصولة عن البطارية يقل بنسبة ثابت العزل (k) لو ادخل عازل بين صفيحتيها غير الهواء .

ج/

$$\Delta V_k = E_k d = \frac{E}{k}.d = \frac{Ed}{k} \Rightarrow \Delta V_k = \frac{\Delta V}{k}$$

س/ اثبت رياضيا بان الطاقة المختزنة تزداد بالعامل (k) لمتسعة متصلة ببطارية تجهز فرق جهد ثابت لو ادخل عازل بين صفيحتيها غير الهواء والمتسعة مازالت متصلة بالبطارية.

ج/

$$PE_k = \frac{1}{2}C_k.(\Delta V_k)^2 = \frac{1}{2}(kC).(\Delta V)^2 = k\left[\frac{1}{2}C.(\Delta V)^2\right] \Rightarrow PE_k = k\,PE$$

س/ اثبت رياضيا بان الطاقة المختزنة تقل بنسبة ثابت العزل (k) لمتسعة متصلة بالبطارية لو فصلت المتسعة عن البطارية وادخل عازل بين صفيحتيها غير الهواء .
ج/

$$PE_k = \frac{1}{2}\Delta V_k.Q_k = \frac{1}{2}\frac{\Delta V}{k}.Q = \frac{1}{k}(\frac{1}{2}\Delta V.Q) = \frac{1}{k}.PE \quad \Rightarrow \quad PE_k = \frac{PE}{k}$$

س/ يلاحظ على كل متسعة كتابة تحدد مقدار اقصى فرق جهد كهربائي تعمل فيه المتسعة ، فهل ترى ذلك ضروريا؟
ج/ نعم ضروريا جدا . لانه عند الاستمرار في زيادة مقدار فرق الجهد المسلط بين صفيحتيها يتسبب في ازدياد مقدار المجال الكهربائي بين الصفيحتين الى حد كبيرا جدا قد يحصل عنده الانهيار الكهربائي للعازل نتيجة لعبور الشرارة الكهربائية خلاله فتتفرغ المتسعة من شحنتها و هذا يعني تلف المتسعة.
س/ ما تفسير زيادة سعة المتسعة المشحونة والمفصولة عن المصدر بإدخال عازل قطبي بين صفيحتيها بدلا عن الهواء؟
ج/ وذلك بسبب تولد مجال كهربائي داخل المادة العازلة $(E_d)$ معاكس باتجاهه للمجال الأصلي بين صفيحتي المتسعة (E) نتيجة لاصطفاف جزيئات العازل الثنائية القطب بموازاة المجال فيضعف المجال المحصل بين الصفيحتين $(E_k)$ حيث $(E_k = E - E_d)$ ويقل فرق الجهد بين الصفيحتين لان البعد ثابت حيث $(\Delta V=E\ d)$ فتزداد سعة المتسعة لانها تتناسب عكسيا مع فرق الجهد بين الصفيحتين .
س/ ما المقصود بقوة العزل الكهربائي لمادة ما ؟ وما هي وحدة قياسها ؟
ج/ هي أقصى مقدار لمجال كهربائي يمكن أن تتحمله تلك المادة قبل حصول الانهيار الكهربائي لها ووحدتها V/m.
تعد قوة العزل الكهربائي لمادة بأنها مقياس لقابليتها في الصمود أمام فرق الجهد الكهربائي المسلط .
العوامل المؤثرة في سعة المتسعة :
تعتمد سعة المتسعة ذات الصفيحتين المتوازيتين على ثلاثة عوامل هي :
1- المساحة السطحية (A) المتقابلة لكل من الصفيحتين : حيث تتناسب سعة المتسعة (C) تناسبا طرديا مع المساحة السطحية المتقابلة لكل من الصفيحتين بثبوت البعد (d) والوسط العازل . أي ان : $(C \propto A)$

2- البعد (d) بين الصفيحتين . وتتناسب معه عكسيا بثبوت المساحة (A) والوسط العازل . أي ان : $(C \propto \frac{1}{d})$ .

3- نوع الوسط العازل بين الصفيحتين : حيث تزداد سعة المتسعة بإدخال مادة عازلة كهربائيا بين الصفيحتين بدلا من الهواء أو الفراغ بثبوت المساحة السطحية (A) والبعد (d). حيث : $C_k = K\ C$

**لذلك وعندما يكون العازل فراغ او هواء فان سعة المتسعة وبموجب هذه العوامل يعبر عنها رياضيا كما يلي :**

$$C = \varepsilon_o \frac{A}{d}$$

عندما يفصل بين الصفيحتين الفراغ او الهواء

حيث :
$\varepsilon_o$ : ثابت التناسب اذا كان الفراغ او الهواء عازلا بين الصفيحتين ويسمى سماحية الفراغ ومقدارها
$(\epsilon_o = 8.85\times10^{-12}\ C^2/\ N\ .\ m^2)$
C : بوحدة الفاراد (F) ، d : بوحدة متر (m) ، A : بوحدة $(m^2)$ .
اما عندما يكون العازل بين صفيحتي المتسعة غير الفراغ او الهواء فيعبر عنها كما يلي :

$$C_k = k\frac{\varepsilon_o A}{d}$$

عندما يفصل بين الصفيحتين مادة عازلة كهربائيا بدلا من الفراغ او الهواء ثابت عزلها k .

$C_k$: سعة المتسعة بوجود مادة عازلة . من العلاقات اعلاه نجد : $(C_k = k\ C)$

س/ لديك متسعتان المساحة السطحية المتقابلة لصفيحتي احداهما ضعف المساحة السطحة المتقابلة لصفيحتي الاخرى والبعد بين صفيحتيها نصف البعد بين صفيحتي الاخرى ما النسبة بين سعتيها اذا كان العازل فراغ او هواء؟

ج/

$$\frac{C_1}{C_2} = \frac{\varepsilon_o \dfrac{A_1}{d_1}}{\varepsilon_o \dfrac{A_2}{d_2}} \Rightarrow \frac{C_1}{C_2} = \frac{A_1 d_2}{A_2 d_1} \quad , \quad \because \; A_1 = 2A_2 \quad , \quad d_1 = \frac{1}{2} d_2$$

$$\therefore \; \frac{C_1}{C_2} = \frac{2A_2 d_2}{A_2 \times \dfrac{1}{2} d_2} \Rightarrow \frac{C_1}{C_2} = 4$$

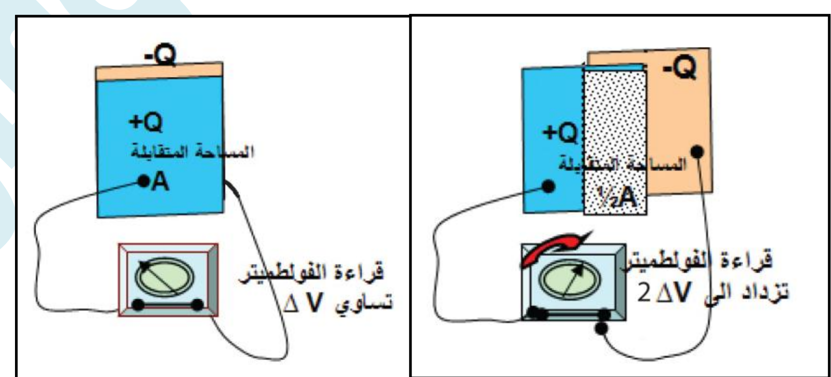
س/ وضح بتجربة عملية تأثير تغير المساحة السطحية $(A)$ المتقابلة للصفيحتين على سعة المتسعة؟

ج/ نربط متسعة مشحونة بشحنة $(Q)$ ذات مقدار معين ومفصولة عن مصدر الفولطية بين طرفي فولطميتر لقياس فرق الجهد الكهربائي بين صفيحتيها :

- عندما تكون المساحة السطحية المتقابلة لصفيحتي المتسعة تساوي $(A)$ تكون قراءة الفولطميتر عند تدريجة معينة فيكون فرق الجهد بين الصفيحتين $(\Delta V)$
- نقلل المساحة السطحية المتقابلة للصفيحتين إلى نصف ما كانت عليه $(\frac{1}{2}A)$ وذلك بإزاحة إحدى الصفيحتين جانبا (مع المحافظة على بقاء مقدار الشحنة ثابتا) نلاحظ ازدياد قراءة الفولطميتر إلى ضعف ما كانت عليه $(2\Delta V)$ .
- وعلى وفق العلاقة $(C = \frac{Q}{\Delta V})$ تقل سعة المتسعة بازدياد فرق الجهد بين صفيحتيها بثبوت مقدار الشحنة $(Q)$

**الاستنتاج :**

نستنتج من ذلك ان سعة المتسعة تقل بنقصان المساحة المتقابلة للصفيحتين والعكس صحيح $(C \alpha A)$ أي ان السعة $(C)$ لمتسعة ذات الصفيحتين المتوازيتين تتناسب طرديا مع المساحة $(A)$ المتقابلة للصفيحتين .




س/ وضح بتجربة عملية تأثير تغير البعد بين الصفيحتين المتوازيتين على سعة المتسعة ؟

ج/ نربط متسعة مشحونة بشحنة $(Q)$ ذات مقدار معين ومفصولة عن مصدر الفولطية بين طرفي فولطميتر لقياس فرق الجهد الكهربائي بين صفيحتيها :

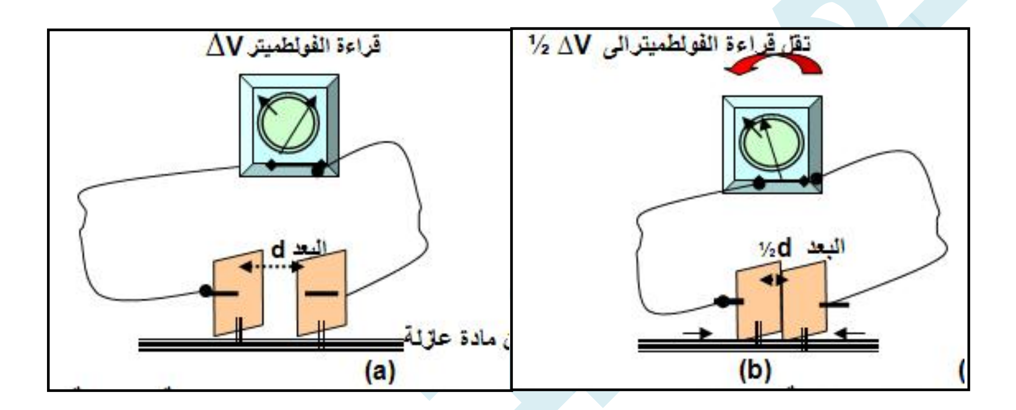
- اذا كان البعد الابتدائي بين صفيحتي المتسعة $(d)$ تكون قراءة الفولطميتر تشير إلى مقدار معين لفرق الجهد $(\Delta V)$ بين الصفيحتين المشحونتين بشحنة معينة $(Q)$

♦ عند تقريب الصفيحتين إلى البعد ( $\frac{1}{2}$ d ) (مع المحافظة على بقاء مقدار الشحنة ثابتا) نلاحظ ان قراءة الفولطميتر تقل إلى نصف ما كانت عليه ( $\frac{1}{2}\Delta V$ )

♦ على وفق العلاقة ( $C = \frac{Q}{\Delta V}$ ) فان نقصان فرق الجهد بين صفيحتي المتسعة يعني ازدياد مقدار سعة المتسعة (بثبوت مقدار الشحنة)

**الاستنتاج :**

نستنتج من ذلك ان سعة المتسعة تزداد بنقصان البعد (d) بين الصفيحتين والعكس صحيح ( $C\alpha \frac{1}{d}$ ). اي ان السعة (C) لمتسعة ذات الصفيحتين المتوازيتين تتناسب عكسيا مع البعد بين الصفيحتين (d).




**ملاحظات /**

اولا :- من العلاقة التالية : $C = \frac{Q}{\Delta V}$ نجد أن :

a) الشحنة المختزنة في اي من صفيحتي المتسعة تتناسب طرديا مع سعة المتسعة (فيما لو تغيرت السعة بتغير احد عواملها) بثبوت فرق الجهد بينهما (حيث يثبت فرق الجهد عندما تكون المتسعة متصلة بالبطارية)
أي ان : $Q \alpha C$ (بثبوت $\Delta V$)

b) فرق الجهد الكهربائي بين صفيحتي المتسعة يتناسب عكسيا مع سعة المتسعة (فيما لو تغيرت السعة بتغير احد عواملها) عند ثبوت شحنتها (حيث تثبت الشحنة عندما تفصل المتسعة عن البطارية) أي ان:
$\Delta V \alpha \frac{1}{C}$ (بثبوت Q).

c) تذكر بان سعة المتسعة تتغير بتغير احد العوامل المؤثر عليها (المساحة المتقابلة للصفيحتين المتوازيتين او البعد بين الصفيحتين او إدخال مادة عازلة بين صفيحتيها بدلا من الهواء او الفراغ) .

d) فرق الجهد الكهربائي بين صفيحتي المتسعة يتناسب طرديا مع الشحنة المختزنة في أي من صفيحتي المتسعة عند ثبوت السعة. أي ان
$\Delta V \alpha Q$ (بثبوت C)

ثانيا :- من العلاقة التالية : $E = \frac{\Delta V}{d}$ نجد ان :

a) المجال الكهربائي يتناسب طرديا مع فرق الجهد بثبوت البعد (حيث يتغير فرق الجهد اذا فصلت المتسعة عن البطارية وادخل عازل بين صفيحتيها او تغيرت المساحة السطحية المتقابلة للصفيحين).

b) المجال الكهربائي يتناسب عكسيا مع البعد بثبوت فرق الجهد (حيث يثبت فرق الجهد عندما يتغير البعد بين الصفيحتين والمتسعة مازالت متصلة بالبطارية).
c) فرق الجهد يتناسب طرديا مع البعد بثبوت المجال الكهربائي (على ان تكون المتسعة منفصلة عن البطارية ويتغير البعد بين صفيحتيها).

ثالثا : من العلاقة التالية : $PE = \frac{1}{2}\Delta V.Q$ نجد ان :

a) الطاقة المختزنة تتناسب طرديا مع حاصل ضرب فرق الجهد في الشحنة بثبوت السعة او تتناسب طرديا مع مربع فرق الجهد بثبوت السعة او طرديا مع مربع الشحنة بثبوت السعة.
b) الطاقة المختزنة تتناسب طرديا مع الشحنة المختزنة بثبوت فرق الجهد (يثبت فرق الجهد اذا كانت المتسعة متصلة بالبطارية وتغير احد عوامل السعة).
c) الطاقة المختزنة تتناسب طرديا مع فرق الجهد بثبوت الشحنة (تثبت الشحنة اذا فصلت المتسعة عن البطارية وتغير احد عوامل السعة).

4- ثابت العزل الكهربائي للفراغ او الهواء يساوي واحد بينما للمواد العازلة الاخرى يكون دائما اكبر من واحد .
5- المقصود بشحنة المتسعة هي شحنة أي من صفيحتيها (الموجبة او السالبة) وليس شحنتها الكلية .
6- عندما يملأ العازل الحيز بين صفيحتي المتسعة تماما فان سمكه يساوي البعد بين الصفيحتين.

**انتبه عزيزي الطالب :**

عندما لا يتغير أي من العوامل المؤثرة في سعة المتسعة (المساحة (A) – البعد (d) – العازل فراغ او هواء) فانه : الشحنة المختزنة في أي من صفيحتي المتسعة تتناسب طرديا مع فرق بين الصفيحتين بثبوت سعة المتسعة أي ان :

$$C_{\text{ثابت}} = \frac{Q_{\text{متغير}}}{\Delta V_{\text{متغير}}}$$

بعد اكتمال شحن المتسعة فان الشحنة المختزنة في أي من صفيحتيها (Q) وفرق الجهد بين الصفيحتين (ΔV) لايتغير ان سواء كانت المتسعة متصلة بالبطارية ام فصلت عنها فضلا عن كون سعة المتسعة ثابتة . أي ان :

$$C_{\text{ثابت}} = \frac{Q_{\text{ثابت}}}{\Delta V_{\text{ثابت}}}$$

اما اذا تغير احد العوامل المؤثرة في سعة المتسعة (المساحة (A) – البعد (d) – ادخال عازل غير الفراغ او الهواء) وبعد ان يتم شحن المتسعة فان الشحنة المختزنة في أي من الصفيحتين وفرق الجهد بين الصفيحتين لا يتغيران في ان واحد فاما ان تثبت الشحنة ويتغير فرق الجهد بعلاقة عكسية مع السعة (اذا فصلت المتسعة وتغير احد العوامل) او يثبت فرق الجهد وتتغير الشحنة بعلاقة طردية مع السعة (اذا تغير احد العوامل والمتسعة مازالت متصلة بالبطارية).
أي انه :

**اذا فصلت المتسعة عن البطارية وتغير احد العوامل المؤثرة في السعة فان :**

Q=constant , ΔV= يزداد او يقل بعلاقة عكسية مع سعة المتسعة

$$C_{\text{متغير}} = \frac{Q_{\text{ثابت}}}{\Delta V_{\text{متغير}}}$$

**اذا تغير احد العوامل المؤثرة في سعة المتسعة والمتسعة مازالت متصلة بالبطارية فان :**

تزداد او تقل بعلاقة طردية مع سعة المتسعة = Q , $\Delta V = constant$

$$C_{\text{متغير}} = \frac{Q_{\text{متغير}}}{\Delta V_{\text{ثابت}}}$$

س/ شحنت متسعة ثم فصلت عن المصدر الشاحن ما الذي يحصل لقراءة الفولطميتر المربوط إلى طرفيها لو أصبح البعد بين صفيحتيها نصف ما كان عليه ؟

ج/ تقل قراءة الفولطميتر إلى النصف بسبب تضاعف سعة المتسعة (سعة المتسعة تتناسب عكسيا مع البعد بين صفيحتيها) وان فرق الجهد يتناسب عكسيا مع السعة بثبوت الشحنة .

س/ شحنت متسعة ثم فصلت عن المصدر الشاحن ما الذي يحصل لقراءة الفولطميتر المربوط إلى طرفيها لو أصبحت المساحة المتقابلة لصفيحتيها نصف ما كانت عليه .

ج/ تتضاعف قراءة الفولطميتر بسبب تضاعف فرق الجهد بين الصفيحتين لان السعة تصبح نصف ما كانت عليه (سعة المتسعة تتناسب طرديا مع المساحة السطحية المتقابلة للصفيحتين المتوازيتين) وان فرق الجهد يتناسب عكسيا مع السعة بثبوت الشحنة .

س/ متسعة مشحونة ومفصولة عن المصدر العازل بين صفيحتيها الهواء . وضح ماذا يحدث لكل من سعتها وشحنتها وفرق الجهد بين صفيحتيها إذا أبدل الهواء بين صفيحتيها بعازل آخر ؟

ج/ السعة تزداد بنسبة ثابت العزل (k) وفقا للعلاقة : $C_k = k\,C$

الشحنة تبقى ثابتة لان المتسعة مفصولة عن المصدر الشاحن .

فرق الجهد يقل بنسبة (k) وفقا للعلاقة : $\Delta V_k = \frac{\Delta V}{k}$ .

س/ متسعة ذات الصفيحتين المتوازين الهواء عازل بين صفيتيها شحنت بوساطة بطارية ثم فصلت عنها ما تاثير تقريب صفيحتيها من بعضهما على كل المجال الكهربائي والطاقة المختزنة ؟ ولماذا؟

ج/ ان تقريب صفيحتيها يسبب زيادة سعتها للعلاقة العكسية بينهما وحيث ان فرق الجهد يتناسب عكسيا مع السعة بثبوت الشحنة فيقل فرق الجهد وفقا للعلاقة ( $C = \frac{Q}{\Delta V}$ ) وبما ان فرق الجهد قد قل بنقصان البعد بين الصفيحتين لذلك فان المجال الكهربائي سيبقى ثابتا. اما الطاقة المختزنة فتتناسب طرديا مع فرق الجهد بثبوت الشحنة وحيث ان فرق الجهد قد قل فالطاقة ستقل ايضا.

س/ متسعة ذات الصفيحتين المتوازيتين الهواء عازل بين صفيحتيها ربطت الى بطارية تجهز فرق جهد ثابت وضح ما تاثير تقريب صفيحتيها من بعضهما على سعتها وشحنتها والمجال الكهربائي بين صفيحتيها ؟ ولماذا؟

ج/ ان تقريب الصفيحتين يقلل البعد وبالتالي تزداد سعة المتسعة وحيث ان الشحنة تتناسب طرديا مع السعة بثبوت فرق الجهد لذلك فالشحنة سوف تزداد وفقا للعلاقة ( $C = \frac{Q}{\Delta V}$ ) . اما المجال الكهربائي سوف يزداد في هذه الحالة لنقصان البعد وثبوت فرق الجهد وفقا للعلاقة ( $E = \frac{\Delta V}{d}$ ).

س/ متسعة مشحونة ومفصولة ما تاثير نقصان المساحة السطحية المتقابلة لصفيحتيها على المجال الكهربائي والطاقة ؟ ولماذا؟

ج/ ان نقصان المساحة يسبب نقصان سعة المتسعة للعلاقة الطردية بينهما وبما ان الشحنة ثابتة لذلك يزداد فرق الجهد وفقا للعلاقة ( $C = \frac{Q}{\Delta V}$ ) وحيث ان المجال الكهربائي يتناسب طرديا مع فرق الجهد بثبوت البعد لذلك يزداد

المجال الكهربائي وفقا للعلاقة ( $E = \frac{\Delta V}{d}$ ) . اما الطاقة فهي تزداد ايضا لزيادة فرق الجهد وثبوت الشحنة لانها تتناسب طرديا مع فرق الجهد بثبوت الشحنة وفقا للعلاقة الاتية ( $PE = \frac{1}{2}\Delta V.Q$ ).

س/ متسعة ذات الصفيحتين المتوازيتين الهواء عازل بين صفيحتيها ربطت الى بطارية تجهز فرق جهد ثابت ما تاثير زيادة المساحة السطحية المتقابلة على كل من المجال الكهربائي والطاقة ؟ ولماذا؟

ج/ بما ان فرق الجهد ثابت والبعد بين الصفيحتين ثابت لذلك فالمجال الكهربائي بين الصفيحتين يبقى ثابتا ايضا . اما بالنسبة للطاقة فهي تزداد لزيادة السعة وثبوت فرق الجهد (تزداد السعة بزيادة المساحة السطحية المتقابلة للعلاقة الطردية بينهما) حيث ( $PE = \frac{1}{2}C.(\Delta V)^2$ )

س/ شحنت متسعة مؤلفة من صفيحتين متوازيتين العازل بينهما هواء حتى أصبح بين صفيحتيها فرق جهد معين . فإذا غمرت بعد ذلك في الزيت المستعمل للمحولات فما الذي سيحصل لشحنتها وسعتها وفرق الجهد بين صفيحتيها؟ ولماذا؟

ج/ شحنتها تبقى ثابتة لأنها مفصولة عن المصدر الشاحن .
سعتها تزداد لان $C_k = k\,C$ (ثابت عزل الزيت اكبر من ثابت عزل الهواء)
فرق الجهد يقل لأنه يتناسب عكسيا مع السعة عند ثبوت الشحنة .

س/ ماذا يحصل لمقدار المجال الكهربائي والشحنة المختزنة بين صفيحتي متسعة ذات الصفيحتين المتوازيتين ربطت صفيحتيها بين قطبي بطارية تجهز فرق جهد ثابت لو ابعدت الصفيحتان عن بعضهما قليلا مع بقاء البطارية موصولة بهما .

ج/ يقل المجال الكهربائي بزيادة البعد بين الصفيحتين ويقل مقدار الشحنة المختزنة في أي من الصفيحتين.

س/ متسعة ذات الصفيحتين المتوازيتين البعد بين صفيحتيها ثابت والهواء عازل بين الصفيحتين شحنت بوساطة بطارية ثم فصلت عنها ، كيف يمكن عمليا ان نزيد فرق الجهد بين صفيحتيها ؟ وضح ذلك .

ج/ يتم ذلك بتقليل المساحة السطحية المتقابلة للصفيحتين فتقل سعة المتسعة وبالتالي يزداد فرق الجهد الكهربائي بين الصفيحتين بثبوت الشحنة (تبقى الشحنة ثابتة اذا فصلت المتسعة عن المصدر) .

**مثال 1 (كتاب)/** متسعة ذات الصفيحتين المتوازيتين سعتها (10pF) شحنت بوساطة بطارية فرق الجهد بين قطبيها (12V) فإذا فصلت المتسعة عن البطارية ثم ادخل بين صفيحتيها لوحا من مادة عازلة كهربائيا ثابت عزلها (6) يملأ الحيز بينهما . ما مقدار:
1- الشحنة المختزنة في أي من صفيحتي المتسعة .    2- سعة المتسعة بوجود العازل الكهربائي
3- فرق الجهد بين صفيحتي المتسعة بعد إدخال العازل .

**الحل**

$$1-\quad Q = C.\Delta V = 10\times 12 = 120PC$$

$$2-\quad C_k = kC = 6\times 10 = 60PF$$

$$3-\quad \Delta V_k = \frac{Q}{C_k} = \frac{120}{60} = 2V \quad or \quad \Delta V_k = \frac{\Delta V}{k} = \frac{12}{6} = 2V$$

**مثال 2 (كتاب)/** متسعة ذات الصفيحتين المتوازيتين البعد بين صفيحتيها (0.5cm) وكل من صفيحتيها مربعة الشكل طول ضلع كل منها (10cm) ويفصل بينهما الفراغ
(علما ان سماحية الفراغ $\epsilon_\circ = 8.85\times 10^{-12}\ C^2/N.m^2$)
ما مقدار :
1- سعة المتسعة    2- الشحنة المختزنة في أي من صفيحتيها بعد تسليط فرق جهد (10V) بينهما .

الحل

$$1- \ A = 10cm \times 10cm = 100cm^2 = 100\times10^{-4} = 10^{-2}m^2 \ , \ d = 0.5cm = 0.5\times10^{-2} = 5\times10^{-3}m$$

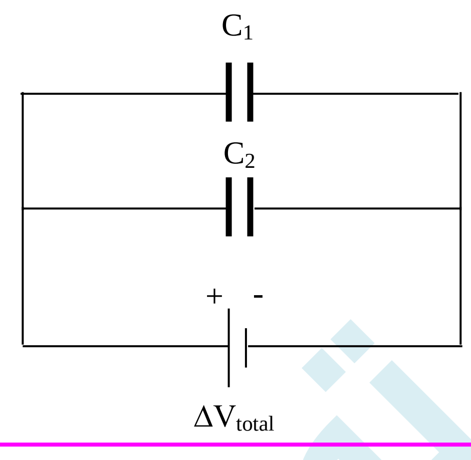
$$C = \frac{\varepsilon_o A}{d} = \frac{8.85\times10^{-12}\times10^{-2}}{5\times10^{-3}} = 1.77\times10^{-11}F$$

$$2- \ Q = C.\Delta V = 1.77\times10^{-11}\times10 = 1.77\times10^{-10}C$$

## ربط المتسعات (توازي ، توالي) :

تربط المتسعات اما على التوازي او على التوالي ولكل ربط خواص تميزه عن الربط الاخر اما قوانين المتسعة المكافئة للمجموعة المتوازية او المتوالية فهي نفسها قوانين المتسعة الواحدة وكما يلي :

$$C_{eq} = \frac{Q_T}{\Delta V_T} \ , \quad PE_T = \frac{1}{2}\Delta V_T.Q_T \quad or \quad PE_T = \frac{1}{2}C_{eq}.(\Delta V_T)^2 \quad or \quad PE_T = \frac{1}{2}\frac{Q_T^2}{C_{eq}}$$




### أولا : خواص ربط المتسعات على التوازي :

في حالة ربط n من المتسعات على التوازي فان :

1`- فرق الجهد متساوي على جميع المتسعات (ثابت) ويساوي فرق جهد البطارية (فرق الجهد الكلي) أي ان :

$$\Delta V_{total} = \Delta V_1 = \Delta V_2 = .........\Delta V_n$$

2- الشحنة الكلية تساوي مجموع الشحنات على المتسعات (تتوزع) أي ان :

$$Q_{total} = Q_1 + Q_2 + .........Q_n$$

3- السعة المكافئة ($C_{eq}$) تساوي مجموع سعات المتسعات وتكون اكبر من اكبر سعة في المجموعة أي ان :

$$C_{eq} = C_1 + C_2 + .........C_n$$

4- السعة المكافئة لمجموعة متسعات متماثلة (اي متساوية السعة) تساوي عدد المتسعات (n) في سعة واحدة منها .

أي ان :

**تستخدم هذه العلاقة لإيجاد السعة المكافئة لمجموعة متسعات متماثلة ومربوطة على التوازي**

$$C_{eq} = nC$$

5- الطاقة المختزنة في المجال الكهربائي بين صفيحتي المتسعة المكافئة لمجموعة التوازي تساوي مجموع الطاقة المختزنة في كل المتسعات . أي ان :

$$PE_T = PE_1 + PE_2 + \dots\dots\dots PE_n$$

س/ ما هي خواص ربط المتسعات على التوازي ؟
ج/ 1- السعة المكافئة تساوي مجموعة السعات ومقدارها اكبر من اكبر سعة في المجموعة.
2- الشحنة المختزنة في المجموعة تساوي مجموع شحنات المتسعات .
3- فرق الجهد متساوي على كل المتسعات ويساوي فرق الجهد الكلي على طرفي المجموعة (ثابت).
4- الطاقة المختزنة في المجال الكهربائي للمجموعة تساوي مجموع طاقات المتسعات .

عند ربط مجموعة متسعات على التوازي تذكر بان الذي يتساوى على كل المتسعات هو فرق الجهد والذي يتوزع على المتسعات هي الشحنة الكلية والطاقة المختزنة في المجموعة.

س/ اشتق علاقة لحساب السعة المكافئة ($C_{eq}$) لمتسعتين مربوطتين على التوازي .
ج/

$$Q_{total} = Q_1 + Q_2 \quad \Rightarrow \quad C_{eq}.\Delta V_{total} = C_1.\Delta V_1 + C_2.\Delta V_2$$

$$\because \quad \Delta V_{total} = \Delta V_1 = \Delta V_2 = \Delta V$$

$$\therefore \quad C_{eq}.\Delta V = C_1.\Delta V + C_2.\Delta V \quad \Rightarrow \quad C_{eq}.\Delta V = (C_1 + C_2).\Delta V \quad \Rightarrow \quad C_{eq} = C_1 + C_2$$

**مثال3(كتاب)/** أربع متسعات سعاتها حسب الترتيب ($4\mu F, 8\mu F, 12\mu F, 6\mu F$) مربوطة مع بعضها على التوازي ، ربطت المجموعة بين قطبي بطارية فرق الجهد بين قطبيها ($12V$) . احسب مقدار:
1- السعة المكافئة للمجموعة . 2- الشحنة المختزنة في أي من صفيحتي كل متسعة .
3- الشحنة الكلية المختزنة في المجموعة .

**الحل**

$$1 - C_{eq} = C_1 + C_2 + C_3 + C_4 = 4 + 8 + 12 + 6 = 30\mu F$$

$$2 - \Delta V_1 = \Delta V_2 = \Delta V_3 = \Delta V_4 = \Delta V_T = \Delta V = 12V$$

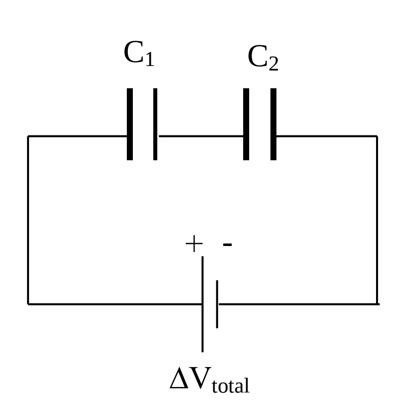
$$Q_1 = C_1.\Delta V = 4 \times 12 = 48\mu C \quad , \quad Q_2 = C_2.\Delta V = 8 \times 12 = 96\mu C$$

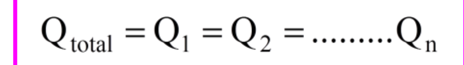
$$Q_3 = C_3.\Delta V = 12 \times 12 = 144\mu C \quad , \quad Q_4 = C_4.\Delta V = 6 \times 12 = 72\mu C$$

$$Q_T = C_{eq}.\Delta V = 30 \times 12 = 360\mu C$$

## ثانيا : خواص ربط المتسعات على التوالي :

في حالة ربط n من المتسعات على التوالي فان :
1- مقدار الشحنة متساوي على جميع المتسعات ويساوي الشحنة الكلية أي ان :



$$Q_{total} = Q_1 = Q_2 = \dots\dots\dots Q_n$$

2- فرق الجهد الكلي $(\Delta V_{total})$ يساوي مجموع فروق الجهد على المتسعات (يتوزع) أي ان :

$$\Delta V_{total} = \Delta V_1 + \Delta V_2 + ........\Delta V_n$$

3- مقلوب السعة المكافئة للمجموعة يساوي مجموع مقلوب سعات المتسعات وبالتالي فان مقدار السعة المكافئة $(C_{eq})$ يقل ويكون اصغر من اصغر سعة في المجموعة أي ان :

$$\frac{1}{C_{eq}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + ........\frac{1}{C_n}$$

♦ **في حالة ربط متسعتين فقط على التوالي يمكن أن نحسب السعة المكافئة لهما من حاصل ضرب السعتين على مجموع السعتين وفقا للعلاقة الاتية :**

$$C_{eq} = \frac{C_1 . C_2}{C_1 + C_2}$$

4- السعة المكافئة لمجموعة متسعات متماثلة (اي متساوية السعة) تساوي سعة واحد من المتسعات على عدد المتسعات (n) . أي ان :

$$C_{eq} = \frac{C}{n}$$

**تستخدم هذه العلاقة لإيجاد السعة المكافئة لمجموعة متسعات متماثلة ومربوطة على التوالي**

5- الطاقة المختزنة في المجال الكهربائي بين صفيحتي المتسعة المكافئة لمجموعة التوالي تساوي مجموع الطاقة المختزنة في كل المتسعات . أي ان :

$$PE_T = PE_1 + PE_2 + ........PE_n$$

س/ ما هي خواص ربط المتسعات على التوالي ؟
ج/ 1- مقلوب السعة المكافئة يساوي مجموع مقلوب السعات ومقدار السعة المكافئة اصغر من اصغر سعة في المجموعة.
2- الشحنة المختزنة في المجموعة تساوي الشحنة المختزنة في كل متسعة من المتسعات (ثابتة).
3- فرق الجهد الكلي يساوي مجموع فروق الجهد للمتسعات .
4- الطاقة المختزنة في المجال الكهربائي للمجموعة تساوي مجموع طاقات المتسعات .
س/ اشتق علاقة لحساب السعة المكافئة $(C_{eq})$ لمتسعتين مربوطتين على التوالي .
ج/

$$\Delta V_{total} = \Delta V_1 + \Delta V_2 \quad \Rightarrow \quad \frac{Q_{total}}{C_{eq}} = \frac{Q_1}{C_1} + \frac{Q_2}{C_2}$$

$$\because \quad Q_{total} = Q_1 = Q_2 = Q$$

$$\therefore \quad \frac{Q}{C_{eq}} = \frac{Q}{C_1} + \frac{Q}{C_2} \quad \Rightarrow \quad \frac{Q}{C_{eq}} = Q.(\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}) \quad \Rightarrow \quad \frac{1}{C_{eq}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}$$

**مثال4(كتاب)/** ثلاث متسعات من ذوات الصفيحتين المتوازيتين سعاتها حسب الترتيب $(6\mu F, 9\mu F, 18\mu F)$ مربوطة مع بعضها على التوالي ، شحنت المجموعة بشحنة كلية $(300\mu C)$ احسب مقدار :

1- السعة المكافئة للمجموعة .  2- الشحنة المختزنة في أي من صفيحتي كل متسعة .

3- فرق الجهد الكلي بين طرفي المجموعة  4- فرق الجهد بين صفيحتي كل متسعة .

**الحل**

$$1-\quad \frac{1}{C_{eq}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} = \frac{1}{6} + \frac{1}{9} + \frac{1}{18} = \frac{3+2+1}{18} = \frac{6}{18} = \frac{1}{3}$$

$$\therefore\ C_{eq} = 3\mu F$$

$$2-\quad Q_1 = Q_2 = Q_3 = Q_T = 300\mu C\ ,\ 3-\ \Delta V_T = \frac{Q_T}{C_{eq}} = \frac{300}{3} = 100V$$

$$4-\ \Delta V_1 = \frac{Q}{C_1} = \frac{300}{6} = 50V \quad , \quad \Delta V_2 = \frac{Q}{C_2} = \frac{300}{9} = \frac{100}{3} V$$

$$\Delta V_3 = \frac{Q}{C_3} = \frac{300}{18} = \frac{50}{3} V$$

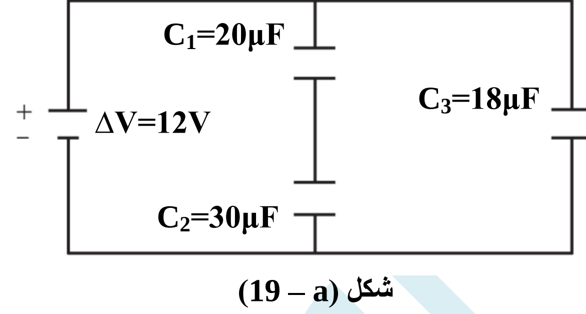
**مثال5(كتاب)/** من المعلومات المثبتة في الشكل $(19-a)$ احسب مقدار:

1- السعة المكافئة للمجموعة .

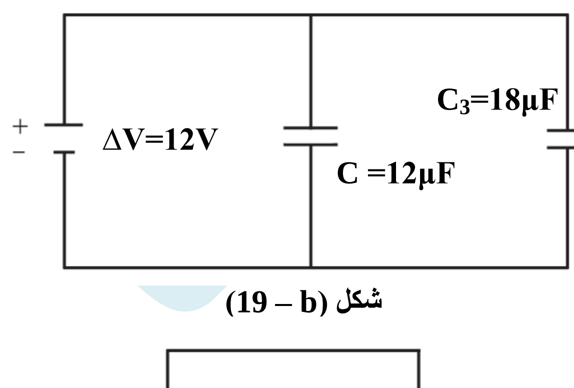
2- الشحنة الكلية المختزنة في المجموعة .

3- الشحنة المختزنة في أي من صفيحتي كل متسعة .

**الحل**




شكل (19 – a)




شكل (19 – b)

Ceq=30μF

ΔV=12V

شكل (19 – a)

$$1-\ \frac{1}{C_{1,2}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} = \frac{1}{20} + \frac{1}{30}$$

$$= \frac{3+2}{60} = \frac{5}{60} = \frac{1}{12}$$

$$\therefore\ C_{1,2} = 12\mu F$$

$$C_{eq} = C_{1,2} + C_3 = 12 + 18 = 30\mu F$$

$$2-\ Q_T = C_{eq} \times \Delta V_T = 30 \times 12 = 360\mu C$$

$$3-\ \Delta V_T = \Delta V_{1,2} = \Delta V_3 = 12V$$

$$Q_{1,2} = C_{1,2}.\Delta V = 12 \times 12 = 144\mu C = Q_1 = Q_2$$

$$Q_3 = C_3.\Delta V = 18 \times 12 = 216\mu C$$

س/ ما الغرض من ربط المتسعات 1) على التوازي 2) على التوالي
ج/ 1) للحصول على سعة مكافئة كبيرة المقدار يمكن بواسطتها تخزين شحنة كهربائية كبيرة المقدار وبفرق جهد واطئ حيث لا يمكن الحصول على ذلك باستعمال متسعة واحدة
2) لوضع فرق جهد كهربائي اكبر على طرفي المجموعة المتوالية قد لا تتحمله المتسعة المنفردة .
س/ كيف يمكن الحصول على :
a- سعة مكافئة اكبر من اكبر سعة من مجموعة متسعات؟
ج/ وذلك من خلال ربط المجموعة على التوازي فتزداد السعة المكافئة للمجموعة بسبب زيادة المساحة السطحية لصفيحتي المتسعة المكافئة للمجموعة بثبوت البعد والعازل.
b- سعة مكافئة اصغر من اصغر سعة من مجموعة متسعات؟
ج/ وذلك من خلال ربط المجموعة على التوالي فتقل السعة المكافئة للمجموعة بسبب زيادة البعد بين صفيحتي المتسعة المكافئة للمجموعة بثبوت المساحة السطحية والعازل.
س/ قارن بين ربط المتسعات على التوازي والتوالي من حيث (الشحنة الكلية ، فرق الجهد الكلي ، السعة المكافئة ، الطاقة المختزنة الكلية).

| ت | الكمية | ربط التوازي | ربط التوالي |
|---|---|---|---|
| .1 | الشحنة الكلية | مجموع شحنات المتسعات | ثابتة لكل المتسعات |
| .2 | فرق الجهد الكلي | ثابت لكل المتسعات | مجموع فروق جهد المتسعات |
| .3 | السعة المكافئة | مجموع سعات المتسعات وهي اكبر من اكبر سعة في المجموعة | مقلوب السعة المكافئة مجموع مقلوب السعات وهي اصغر من اصغر سعة في المجموعة |
| .4 | الطاقة المختزنة الكلية | مجموع طاقات المتسعات | مجموع طاقات المتسعات |

س/ ماذا يحصل ؟ ولماذا ؟ لسعة المتسعة المكافئة لمجموعة متسعات لو ربطت المجموعة :
1- على التوازي . 2- على التوالي .
ج/1- تزداد السعة المكافئة وذلك بسبب زيادة المساحة السطحية المتقابلة لصفيحتي المتسعة المكافئة لربط التوازي بثبوت البعد بين الصفيحتين ونوع العازل .
2- تقل السعة المكافئة وذلك بسبب زيادة البعد بين صفيحتي المتسعة المكافئة لربط التوالي بثبوت المساحة السطحية المتقابلة ونوع العازل.
س/ لماذا يكون مقدار الشحنة الكلية في ربط التوالي لمتسعتين تساوي مقدار الشحنة المختزنة في أي من صفيحتي كل متسعة؟
ج/ لان جهد الصفيحتين الوسطيتين متساوٍ فهما صفيحتان موصولتان مع بعضهما بسلك توصيل لذلك يعتبران موصل واحد سطحه هو سطح تساوي الجهد تظهر عليهما شحنتان متساويتان مقدارا ومختلفتان بالنوع بطريقة الحث
س/ متسعتان مختلفتان في السعة وفرق الجهد والشحنة ربطتا على التوازي . ما الذي يحصل لفرق الجهد وكيف ستتوزع الشحنة ؟
ج/ فرق جهد المتسعتين يتساوى لان الربط على التوازي . وان شحنة المتسعة تتناسب مع سعتها فالمتسعة ذات السعة الأكبر ستكون شحنتها اكبر والعكس صحيح .

**إدخال عازل بين صفيحتي متسعة واحدة او اكثر من مجموعة متوازية او متوالية:**

**عند إدخال مادة عازلة ثابت عزلها (k) بين صفيحتي متسعة واحدة او اكثر من المتسعات فان :**

1- السعة المكافئة بعد إدخال العازل ($C_{eqk}$) سوف تزداد بسبب زيادة سعة المتسعة التي ادخل عليها العازل وبغض النظر عن كون المجموعة متصلة او منفصلة اوكون الربط توازي او توالي وتصبح ($C_{eqk} > C_{eq}$) وتحسب اما من القانون ( $C_{eqk} = \frac{Q_{Tk}}{\Delta V_{Tk}}$ ) او من خواص الربط (بالمجموع في حالة التوازي او بالمقلوب في حالة التوالي).

2- الشحنة الكلية بوجود العازل $(Q_{Tk})$ تزداد $(Q_{Tk} > Q_T)$ ويثبت فرق الجهد الكلي أي ان فرق الجهد الكلي بعد العازل يساوي فرق الجهد الكلي قبل العازل $(\Delta V_{Tk} = \Delta V_T)$ (اذا ادخل العازل والمجموعة مازالت متصلة بالبطارية) او تثبت الشحنة الكلية أي ان الشحنة الكلية بعد العازل تساوي الشحنة الكلية قبل العازل $(Q_{Tk} = Q_T)$ ويقل فرق الجهد الكلي $(\Delta V_{Tk} < \Delta V_T)$ (اذا فصلت المجموعة عن البطارية وادخل العازل).

3- بعد إدخال العازل فرق الجهد الكلي يساوي فرق جهد كل متسعة من المتسعات اذا كان الربط توازي والشحنة الكلية بعد العازل تساوي شحنة كل متسعة من المتسعات اذا كان الربط توالي وبغض النظر عن كون المجموعة متصلة ام منفصلة .

أي ان :

$\Delta V_{Tk} = \Delta V_1 = \Delta V_2 = .......\Delta V_n$ للتوازي وبغض النظر عن كون المجموعة متصلة ام منفصلة

or

$Q_{Tk} = Q_1 = Q_2 = .........Q_n$ للتوالي وبغض النظر عن كون المجموعة متصلة ام منفصلة

4- اذا كان الربط توالي تثبت الشحنة الكلية بعد العازل ثم تساوي شحنة كل متسعة من المتسعات (اذا فصلت المجموعة عن البطارية وادخل العازل) او تزداد الشحنة الكلية بعد إدخال العازل ومن ثم تساوي شحنة كل متسعة من المتسعات (اذا ادخل العازل والمجموعة مازالت متصلة بالبطارية) .

5 - اذا كان الربط توازي يثبت فرق الجهد الكلي بعد العازل ومن ثم يساوي فرق جهد كل متسعة من المتسعات (اذا ادخل العازل والمجموعة مازالت متصلة بالبطارية) او يقل فرق الجهد الكلي بعد إدخال العازل ومن ثم يساوي فرق جهد كل متسعة من المتسعات (اذا فصلت المجموعة عن البطارية وادخل العازل) .

6- في حالة ربط مجموعة من المتسعات علينا ان نتجنب العلاقات $(Q_k = kQ)$ و $\Delta V_k = \frac{\Delta V}{k}$ و $E_k = \frac{E}{k})$ لكونها تطبق في حالات خاصة.

## ملاحظات يجب الالتفات لها عند حل بعض مسائل المتسعات :

1- ان مقدار الزيادة في السعة بعد إدخال العازل تضاف الى السعة قبل العازل للحصول على السعة بعد العازل أي ان :

$C_k = C +$ الزيادة

2- ان مقدار الزيادة في الشحنة بعد إدخال العازل تضاف الى الشحنة قبل العازل للحصول على الشحنة بعد العازل (حيث تحصل الزيادة بالشحنة عندما تكون المتسعة او مجموعة المتسعات متصلة بالمصدر).

$Q_k = Q +$ الزيادة

3- ان مقدار النقصان او الانخفاض في فرق الجهد بعد إدخال العازل يطرح من فرق الجهد قبل العازل للحصول على فرق الجهد بعد العازل (حيث يحصل نقصان في فرق الجهد عندما تكون المتسعة او مجموعة المتسعات منفصلة عن المصدر).

$\Delta V_k = \Delta V -$ النقصان

**مثال5(كتاب)/** ما مقدار الطاقة الكهربائية المختزنة في المجال الكهربائي لمتسعة سعتها (2μF) إذا شحنت لفرق جهد كهربائي (5000V) ، وما مقدار القدرة التي نحصل عليها عند تفريغها بزمن (10μs)؟

**الحل**

$$PE_{electric}=\frac{1}{2}C(\Delta V)^2=\frac{1}{2}\times 2\times 10^{-6}(5000)^2=10^{-6}\times 25\times 10^{6}=25J$$

$$P=\frac{PE_{electric}}{t}=\frac{25}{10\times 10^{-6}}=25\times 10^{5}\,watt$$

**مثال6(كتاب)/** متسعتان من ذوات الصفيحتين المتوازيتين ($C_1$=3μF,$C_2$=6μF) مربوطتان مع بعضهما على التوالي . ربطت مجموعتهما بين قطبي بطارية فرق الجهد بين قطبيها (24V) ، وكان الفراغ عازلا بين صفيحتي كل منهما إذا ادخل بين صفيحتي كل منهما لوحا من مادة عازلة ثابت عزلها (2) يملأ الحيز بينهما (وما زالت المجموعة متصلة بالبطارية) فما مقدار فرق الجهد بين صفيحتي كل متسعة ، والطاقة المختزنة في المجال الكهربائي بين صفيحتي كل متسعة في حالتين :
1- قبل إدخال العازل . 2- بعد إدخال العازل .

**الحل**

$$1-\quad C_{eq}=\frac{C_1.C_2}{C_1+C_2}=\frac{3\times 6}{3+6}=\frac{18}{9}=2\mu F\ ,\ Q_T=C_{eq}.\Delta V_T=2\times 24=48\mu C=Q_1=Q_2$$

$$\Delta V_1=\frac{Q}{C_1}=\frac{48}{3}=16V\quad ,\quad \Delta V_2=\frac{Q}{C_2}=\frac{48}{6}=8V$$

$$PE_1=\frac{1}{2}\Delta V_1.Q=\frac{1}{2}\times 16\times 48\times 10^{-6}=384\times 10^{-6}J$$

$$PE_2=\frac{1}{2}\Delta V_2.Q=\frac{1}{2}\times 8\times 48\times 10^{-6}=192\times 10^{-6}J$$

$$2-\quad C_{1k}=kC_1=2\times 3=6\mu F\quad ,\quad C_{2k}=kC_2=2\times 6=12\mu F$$

$$C_{eqk}=\frac{C_{1k}.C_{2k}}{C_{1k}+C_{2k}}=\frac{6\times 12}{6+12}=\frac{72}{18}=4\mu F\ ,\ Q_{Tk}=C_{eqk}.\Delta V_T=4\times 24=96\mu C=Q_1=Q_2$$

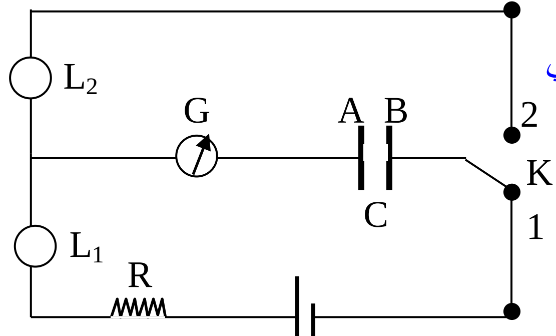
$$\Delta V_{1k}=\frac{Q}{C_{1k}}=\frac{96}{6}=16V\quad ,\quad \Delta V_{2k}=\frac{Q}{C_{2k}}=\frac{96}{12}=8V$$

$$PE_{1k}=\frac{1}{2}\Delta V_{1k}.Q=\frac{1}{2}\times 16\times 96\times 10^{-6}=768\times 10^{-6}J$$

$$PE_{2k}=\frac{1}{2}\Delta V_{2k}.Q=\frac{1}{2}\times 8\times 96\times 10^{-6}=384\times 10^{-6}J$$

## بعض أنواع المتسعات

س/ اذكر بعض انواع المتسعات .
ج/ a) المتسعة ذات الورق المشمع . b) المتسعة متغيرة السعة ذات الصفائح الدوارة . c) المتسعة الالكترولويتية .
س/ ما الغرض من المتسعة ذات الورق المشمع ؟ وبماذا تمتاز؟
ج/ تستعمل في العديد من الأجهزة الكهربائية والالكترونية . وتمتاز : 1- بصغر حجمها 2- كبر مساحة صفائحها
س/ اشرح المتسعة متغيرة السعة ذات الصفائح الدوارة.
ج/ تتالف من مجموعتين من الصفائح بشكل انصاف اقراص احدى المجموعتين ثابتة والاخرى يمكنها الدوران حول محور ثابت وتربط المجموعتان بين قطبي بطارية عند شحنها وتكون هذه المتسعة مكافئة لمجموعة من المتسعات المتوازية الربط . وتتغير سعتها نتيجة لتغير المساحة السطحية المتقابلة للصفائح ويفصل بين كل صفيحتين الهواء كعازل كهربائي وتستعمل في دائرة التنغيم في اللاسلكي والمذياع.
س/ مِمَ تتألف المتسعة متغيرة السعة ذات الصفائح الدوارة ؟ وكيف يتم شحنها ؟ وما العازل بين صفائحها؟
ج/ تتألف من مجموعتين من الصفائح بشكل أنصاف أقراص إحدى المجموعتين ثابتة والأخرى يمكنها الدوران حول محور ثابت ، تربط المجموعتين بين قطبي بطارية عند شحنها ، يفصل بين كل صفيحتين الهواء كعازل كهربائي .
س/ لماذا تكون المتسعة ذات الصفائح الدوارة متغيرة السعة؟
ج/ لأنه أثناء دوران مجموعة الصفائح المتحركة حول المحور الثابت تتغير المساحة السطحية المتقابلة للصفائح ونتيجة لذلك تتغير سعة المتسعة .
س/ ما العامل الذي يتغير في المتسعة ذات الصفائح الدوارة ؟ ولماذا ؟
ج/ تتغير سعتها نتيجة لتغير المساحة السطحية المتقابلة للصفائح.
س/ ما الغرض من المتسعة متغيرة السعة ذات الصفائح الدوارة ؟
ج/ تستعمل في دائرة التنغيم في اللاسلكي والمذياع .
س/ لماذا تتغير سعة المتسعة متغيرة السعة ذات الصفائح الدوارة اثناء الدوران ؟
ج/ وذلك بسبب تغير المساحة السطحية المتقابلة للصفائح .
س/ مِمَ تتألف المتسعة الالكترولويتية ؟ وبماذا تمتاز؟
ج/ تتألف المتسعة الالكترولويتية من صفيحتين إحداهما من الألمنيوم والأخرى عجينة الكترولويتية وتتولد المادة العازلة نتيجة التفاعل الكيميائي بين الألمنيوم والالكترولويت وتلف الصفائح بشكل اسطواني . تمتاز بأنها تتحمل فرق جهد كهربائي عالي
س/ لماذا توضع علامة على طرفي المتسعة الالكترولويتية؟
ج/ للدلالة على قطبيتها من اجل ربطها في الدائرة الكهربائية بقطبية صحيحة .
س/ مم تتكون دوائر شحن وتفريغ المتسعة ؟ وماذا تسمى هذه الدوائر؟ وكيف يكون التيار المار فيها ؟
ج/ تتكون من دائرة تيار مستمر تحتوي على متسعة ومقاومة وبطارية ، تسمى بدائرة المتسعة المقاومة (RC – Circuit) ، يكون تيار هذه الدائرة متغيرا مع الزمن .
س/ ما الفرق الأساسي بين دائرة تيار مستمر تحتوي على مقاومة فقط ودائرة تيار مستمر تحتوي مقاومة ومتسعة؟
ج/ دائرة المقاومة يكون تيارها ثابتا (لا يتغير مع الزمن) لفترة زمنية معينة بينما دائرة المقاومة والمتسعة تيارها متغيرا مع الزمن .
س/ اشرح نشاط يوضح كيفية شحن المتسعة مع رسم الدائرة الكهربائية اللازمة لإجراء هذا النشاط ؟
**ج/ أدوات النشاط :**
بطارية فولطيتها مناسبة ، كلفانومتر (G) صفره في وسط التدريجة ، متسعة (C) ذات الصفيحتين المتوازيتين (A&B) ، مفتاح مزدوج (K) ، مقاومة ثابتة (R) ، مصباحين ($L_1$&$L_2$) ، أسلاك توصيل



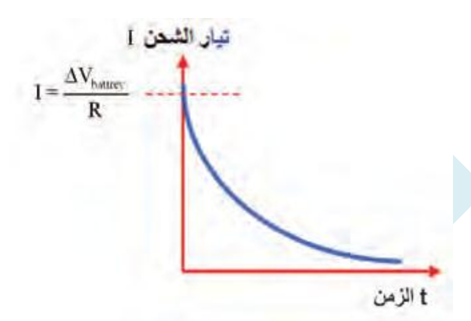

**خطوات النشاط :**

- نربط الدائرة الكهربائية كما في الشكل بحيث يكون المفتاح (K) في الموقع (1) وهذا يعني ان المتسعة مربوطة إلى البطارية لكي تتشحن
- نلاحظ انحراف مؤشر الكلفانومتر لحظيا إلى احد جانبي صفر التدريجة (نحو اليمين مثلا) ويعود بسرعة إلى الصفر مع ملاحظة توهج المصباح $L_1$ بضوء ساطع لبرهة من الزمن ثم ينطفئ وكأن البطارية غير مربوطة بالدائرة .
- ان سبب رجوع مؤشر الكَلفانوميتر (G) الى الصفر هو بعد اكتمال شحن المتسعة يتساوى جهد كل صفيحة مع قطب البطارية المتصل بها اي ان المتسعة اصبحت مشحونة بكامل شحنتها وعندها يكون فرق الجهد بينصفيحتي المتسعة يساوي فرق الجهد بين قطبي البطارية فينعدم فرق الجهد على طرفي المقاومة في الدائرة مما يجعل التيار في الدائرة يساوي صفر. لذا تعد المتسعة مفتاح مفتوح في دائرة التيار المستمر . وبسبب كون صفيحتي المتسعة معزولتين عن بعضهما فالالكترونات تتراكم على الصفيحة B المربوطة بالقطب السالب للبطارية لذا تشحن بالشحنة السالبة (-Q) في حين تشحن الصفيحة A المربوطة بالقطب الموجب بالشحنة الموجبة (+Q) وبالمقدار نفسه بطريقة الحث .

وعمليا ان تيار الشحن (I) يبدا بمقدار كبير لحظة اغلاق دائرة الشحن ومقداره يساوي ( $I = \dfrac{\Delta V}{R}$ ) ويتناقص مقداره الى الصفر بسرعة عند اكتمال شحنها .

**الاستنتاج :**

ان تيارا لحظيا قد انساب في الدائرة يسمى تيار الشحن يبدأ بمقدار كبير لحظة اغلاق الدائرة ويتناقص مقداره الى الصفر بسرعة بعد اكتمال شحن المتسعة.
والمخطط البياني الموضح يبين العلاقة بين تيار شحن المتسعة والزمن المستغرق لشحن المتسعة .




س/ اشرح نشاط يوضح كيفية تفريغ المتسعة مع رسم الدائرة الكهربائية اللازمة لإجراء النشاط ؟

**ج/ أدوات النشاط :**

بطارية فولطيتها مناسبة ، كلفانومتر (G) صفره في وسط التدريجة ، متسعة (C) ذات الصفيحتين المتوازيتين (A&B) ، مفتاح مزدوج (K) ، مقاومة ثابتة (R) ، مصباحين ($L_1$&$L_2$) ، أسلاك توصيل

L2 G A B C 2 K 1 L1 R مقاومة بطارية

**خطوات النشاط:**

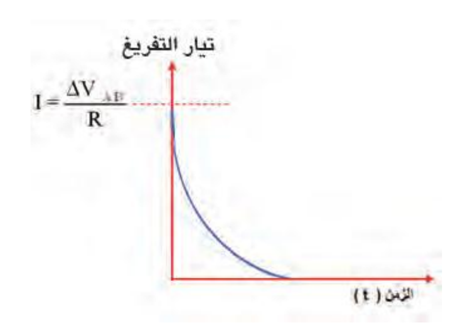
نربط الدائرة الكهربائية كما في الشكل بحيث يكون المفتاح (K) في الموقع (2) وهذا يعني ربط صفيحتي المتسعة مع بعضهما بسلك موصل وبهذا تتم عملية تفريغ المتسعة من شحنتها أي تعادل شحنة صفيحتيها فنلاحظ انحراف مؤشر الكلفانومتر لحظيا الى الجانب الآخر من صفر التدريجة (نحو اليسار) ثم يعود الى الصفر بسرعة ونلاحظ

توهج المصباح $L_2$ بضوء ساطع لبرهة من الزمن ثم ينطفئ .وقد وجد بالتجربة ان تيار التفريغ يبدا بمقدار كبير ( $I = \frac{\Delta V_{AB}}{R}$ ) لحظة اغلاق الدائرة (لحظة ربط صفيحتي المتسعة ببعضهما بوساطة سلك موصل) ويهبط الى الصفر بسرعة بعد اتمام عملية التفريغ.

**الاستنتاج/**

ان تيارا لحظيا قد انساب في الدائرة الكهربائية يسمى تيار التفريغ ويتلاشى بسرعة (يساوي صفرا) عندما لا يتوافر فرق جهد بين صفيحتي المتسعة أي عندما ($\Delta V_{AB}=0$).

المخطط البياني في الشكل يبين العلاقة بين تيار تفريغ المتسعة والزمن المستغرق لتفريغها.




س/ ما سبب تكون شحنات مختلفة على صفيحتي المتسعة عند شحنها ؟

ج/ بسبب كون صفيحتي المتسعة معزولتين عن بعضهما فالالكترونات تتراكم على الصفيحة B المربوطة بالقطب السالب للبطارية لذا تُشحن بالشحنة السالبة (-Q) في حين تُشحن الصفيحة A المربوطة بالقطب الموجب بالشحنة الموجبة (+Q) وبالمقدار نفسه بطريقة الحث .

س/ ما سبب رجوع مؤشر الكَلفانوميتر (G) إلى الصفر :

1- في دائرة شحن المتسعة؟ 2- في دائرة تفريغ المتسعة ؟

ج/ 1- لأنه بعد اكتمال عملية الشحن يصبح جهد كل صفيحة مساويا إلى جهد قطب البطارية المتصل به أي يصبح فرق الجهد بين صفيحتي المتسعة يساوي فرق الجهد بين قطبي البطارية وفي هذه الحالة ينعدم فرق الجهد على طرفي المقاومة في الدائرة مما يجعل التيار في الدائرة يساوي صفر .

2- وذلك لانه بعد اتمام عملية تفريغ المتسعة يصبح فرق الجهد بين صفيحتيها يساوي صفر وهذا يجعل تيار الدائرة (تيار التفريغ) يساوي صفر .

س/ متى يكون تيار شحن المتسعة في مقداره الاعظم ؟ وهل يستمر بهذا المقدار؟ ولماذا ؟

ج/ يكون تيار الشحن في مقداره الأعظم لحظة غلق الدائرة . كلا لان مقداره يتناقص إلى الصفر بسرعة عند اكتمال شحن المتسعة . لتساوي فرق الجهد بين صفيحتي المتسعة وفرق الجهد بين قطبي البطارية وبالتالي ينعدم فرق الجهد على طرفي المقاومة .

س/ متى يكون تيار تفريغ المتسعة في مقداره الاعظم ؟ وهل يستمر بهذا المقدار؟ ولماذا ؟

ج/ يكون تيار التفريغ في مقداره الأعظم لحظة إغلاق الدائرة (لحظة ربط صفيحتي المتسعة ببعضهما بسلك موصل) . كلا لأن مقداره يهبط إلى الصفر بسرعة بعد إتمام عملية التفريغ لانعدام فرق الجهد بين صفيحتي المتسعة . ($\Delta V=0$)

## شحن وتفريغ المتسعة :

### a) مرحلة الشحن :

**اولا : ربط المتسعة على التوالي مع مقاومة او مجموعة مقاومات :**

**بصورة عامة فان :**

$$\Delta V_{battery} = \Delta V_R + \Delta V_C$$

جدول يوضح العلاقات التي يمكن تطبيقها في دائرة شحن المتسعة :

| العنصر | لحظة اغلاق المفتاح | بعد اكتمال شحن المتسعة (بعد مدة من اغلاق المفتاح) |
|---|---|---|
| المقاومة | $\Delta V_R = \Delta V_{battery}$<br>$I = \frac{\Delta V_{battery}}{R}$ | $\Delta V_R = 0 \quad , \quad I = 0$ |
| المتسعة | لانها غير مشحونة لذلك :<br>$Q = 0 \;,\; \Delta V_C = 0 \;,\; E = 0 \;,\; PE = 0$ | $\Delta V_C = \Delta V_{battery}$<br>وبالنسبة للشحنة والمجال الكهربائي والطاقة تحسب كل منها وفقا لقوانين المتسعة الواحدة. |

- في دائرة شحن المتسعة المتوالية الربط وعند حل المسائل علينا ان نلتفت الى ما يلي :

(لحظة غلق المفتاح) نعامل الدائرة على انها مقاومة فقط ونهمل وجود المتسعة لكونها غير مشحونة بعد ذلك يمكن ايجاد تيار الدائرة (تيار شحن المتسعة) وفقا لقانون اوم ويكون التيار في مقداره الاعظم في هذه الحالة .
(بعد اكتمال شحن المتسعة) نعامل الدائرة على انها متسعة فقط ونهمل وجود المقاومة (لانعدام فرق الجهد على طرفيها وبالتالي عدم مرور تيار في الدائرة) والمتسعة في هذه الحالة تاخذ فرق جهد البطارية بعد ذلك بالامكان تطبيق قوانين المتسعة الواحدة .

**ثانيا : ربط المتسعة على التوازي مع مقاومة من مجموعة مقاومات متوالية الربط :**

عند ربط المتسعة على التوازي مع مقاومة (مصباح مثلا) من مجموعة مقاومات متوالية الربط ففي لحظة غلق الدائرة نهمل وجود المتسعة ونعامل الدائرة على انها مجموعة مقاومات متوالية الربط لذلك نستطيع ايجاد تيار الدائرة من قانون الدائرة المقفلة . اما بعد اكتمال شحن المتسعة فانها لا تاخذ فرق جهد البطارية كما هو الحال عند ربطها على التوالي مع مقاومة او مجموعة مقاومات متوالية الربط وانما تاخذ فرق جهد ذلك الجزء من الدائرة الذي ربطت معه على التوازي (أي تاخذ فرق جهد تلك المقاومة من الدائرة) .

**خطوات الحل :**

1- نجد تيار الدائرة وفقا لقانون الدائرة المقفلة وكما يلي :

$$I = \frac{\Delta V_{battery}}{R + r}$$

2- نجد فرق جهد المقاومة التي ربطت معها المتسعة على التوازي ونهمل فرق جهد المقاومة الاخرى وكما يلي :

$$\Delta V_r = I r$$

عندما تكون المتسعة مربوطة على التوازي مع المقاومة $(r)$

or

$\Delta V_R = IR$

**عندما تكون المتسعة مربوطة على التوازي مع المقاومة (R)**

3- بعد اكتمال شحن المتسعة يتساوى فرق جهدها مع فرق جهد المقاومة التي ربطت معها على التوازي .

$\Delta V_C = \Delta V_R \quad or \quad \Delta V_C = \Delta V_r$

**حسب ربط المتسعة في الدائرة توازي مع (R) ام توازي مع (r)**

5- بعد ذلك نطبق قوانين المتسعة الواحدة التي درسناها سابقا لغرض ايجاد شحنتها او المجال الكهربائي بين صفيحتيها او الطاقة المختزنة في المجال الكهربائي بين صفيحتيها او حتى لايجاد سعتها بمعرفة شحنتها وفرق جهدها .

6- عند ادخال عازل بين صفيحتيها في هذه الحالة فانها تعد متصلة بالبطارية لذلك يثبت فرق الجهد بين صفيحتيها وتزداد شحنتها وسعتها والطاقة المختزنة في المجال الكهربائي بين صفيحتيها لذلك بالامكان حل السؤال بوجود العازل بالطرق التي درسناها سابقا.

**b) مرحلة التفريغ :**

تيار تفريغ المتسعة يحسب وفقا للعلاقة الرياضية التالية :

$$I = \frac{\Delta V_C}{R}$$

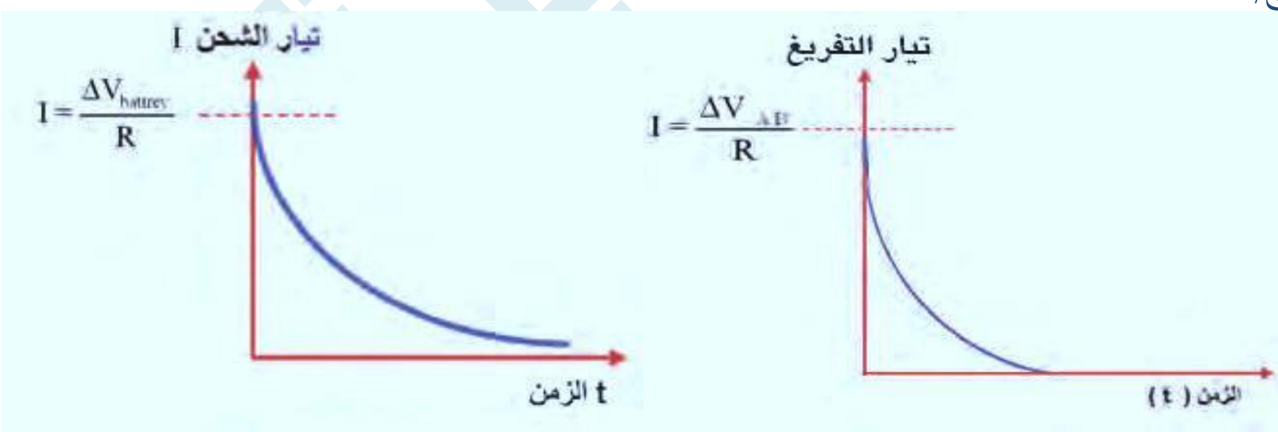
حيث :

I : تيار التفريغ ، R: مقاومة الدائرة ، $\Delta V_C$ : فرق الجهد بين صفيحتي المتسعة

س/ ارسم مخطط بياني يوضح العلاقة بين :

(1) تيار شحن المتسعة والزمن المستغرق لشحنها    (2) تيار تفريغ المتسعة والزمن المستغرق لتفريغها

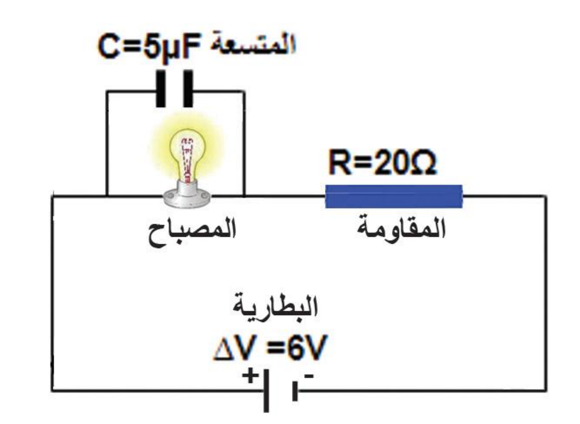
ج/

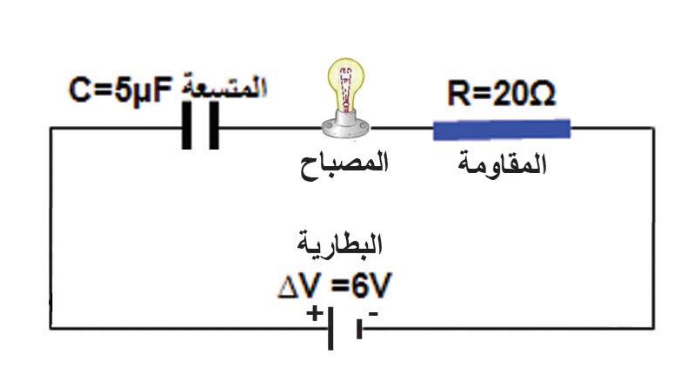



**مثال7(كتاب)/** دائرة كهربائية متوالية الربط تحتوي مصباح كهربائي مقاومته $(r = 10\Omega)$ ومقاومة مقدارها $(R = 20\Omega)$ وبطارية مقدار فرق الجهد بين قطبيها $(\Delta V = 6V)$ ، ربطت في الدائرة متسعة ذات الصفيحتين المتوازيتين سعتها $(5\mu F)$ . ما مقدار الشحنة المختزنة في أي من صفيحتي المتسعة والطاقة الكهربائية المختزنة في مجالها الكهربائي لو ربطت المتسعة :

1- على التوازي مع المصباح ، لاحظ الشكل $(31 - a)$ .

2- على التوالي مع المصباح والمقاومة والبطارية في الدائرة نفسها ، (بعد فصل المتسعة عن الدائرة الأولى وإفراغها من جميع شحنتها) . لاحظ الشكل $(31 - b)$ .




الحل

$$2-\ \Delta V_C = \Delta V_{battery} = 6V$$

$$\therefore Q = C.\Delta V_{battery} = 5\times 6 = 30\mu C$$

$$PE = \frac{1}{2}\Delta V.Q = \frac{1}{2}\times 6\times 30\times 10^{-6} = 90\times 10^{-6} J$$

$$1-\ \ I = \frac{\Delta V}{R+r} = \frac{6}{20+10} = \frac{1}{5} = 0.2A$$

$$\Delta V = I.r = 0.2\times 10 = 2V$$

$$\therefore\ Q = C.\Delta V = 5\times 2 = 10\mu C$$

$$PE = \frac{1}{2}\Delta V.Q = \frac{1}{2}\times 2\times 10\times 10^{-6}$$

$$= 10^{-5} J$$

## بعض التطبيقات العملية للمتسعة :

**1- المتسعة الموضوعة في منظومة المصباح الومضي (الفلاش) في آلة التصوير (الكاميرا) :** بعد شحنها بوساطة البطارية الموضوعة في المنظومة تجهز المصباح بطاقة تكفي لتوهجه بصورة مفاجئة بضوء ساطع في أثناء تفريغ المتسعة من شحنتها .

**2- المتسعة الموضوعة في اللاقطة الصوتية (Microphone) :** حيث تكون إحدى صفيحتيها صلبة ثابتة والأخرى مرنة حرة الحركة والصفيحتان تكونان عند فرق جهد كهربائي ثابت فالموجات الصوتية تتسبب في اهتزاز الصفيحة المرنة إلى الأمام والخلف فيتغير مقدار سعة المتسعة تبعا لتغير البعد بين صفيحتيها وبتردد الموجات الصوتية نفسه وهذا يعني تحول الذبذبات الميكانيكية إلى ذبذبات كهربائية .

**3- المتسعة الموضوعة في جهاز تحفيز وتنظيم حركة عضلات القلب (The defibrillator) :** يستعمل هذا الجهاز لنقل مقادير مختلفة ومحددة من الطاقة الكهربائية الى المريض الذي يعاني من اضطرابات في حركة عضلات قلبه . عندما يكون قلبه غير قادر على ضخ الدم الى الجسم فيحتاج الى استعمال صدمة كهربائية (Electric Shock) تحفز قلبه وتعيد انتظام عمله وهو جهاز علاجي لاعطاء صدمة كهربائية ذات مدة قصيرة وشدة عالية للمريض اذ يتم شحن متسعته لفرق جهد عال ثم تفريغ تلك المتسعة لمدة زمنية قصيرة جدا خلال القطب الذي يوضع على صدر المريض بحيث تحفز قلبه وتعيد انتظام عمله ، تعتمد كمية الطاقة الكهربائية في المتسعة المشحونة والموجودة في الجهاز والتي تتراوح طاقتها المخزونة بين (10J – 360J) على مفتاح الطاقة الموجود على واجهة الجهاز.

**4- المتسعة المستعملة في لوحة مفاتيح الحاسوب (Key board) :** حيث توضع متسعة تحت كل حرف من الحروف في لوحة المفاتيح إذ يثبت كل مفتاح بصفيحة متحركة تمثل إحدى صفيحتي المتسعة والصفيحة الأخرى مثبتة في قاعدة المفتاح وعند الضغط على المفتاح يقل البعد الفاصل بين صفيحتي المتسعة فتزداد سعتها وهذا يجعل الدوائر الالكترونية الخارجية تتعرف على المفتاح الذي تم ضغطه .

س/ علامَ تعتمد كمية الطاقة الكهربائية في المتسعة المشحونة والموجودة في جهاز تحفيز وتنظيم حركة عضلات القلب ؟
ج/ تعتمد على مفتاح الطاقة الموجود على واجهة الجهاز.
س/ ما الفائدة العملية لكل من :
a- المتسعة الموضوعة في منظومة المصباح الومضي في الة التصوير :
فائدتها : تجهز المصباح بطاقة تكفي لتوهجه بضوء ساطع عن تفريغها من شحنتها .
b- المتسعة الموضوعة في اللاقطة الصوتية :
فائدتها : تحول الذبذبات الميكانيكية الى ذبذبات كهربائية وبالتردد نفسه .
c- المتسعة الموضوعة في جهاز تحفيز وتنظيم حركة عضلات القلب .
فائدتها : تحفز قلب المريض وتعيد انتظام عمله .
d- المتسعة المستعملة في لوحة مفاتيح الحاسوب :
فائدتها : عند الضغط على المفتاح يقل البعد بين صفيحتي المتسعة فتزداد سعتها وهذا يجعل الدوائر الخارجية تتعرف على المفتاح الذي تم الضغط عليه .
س/ كيف يمكن للدوائر الالكترونية الخارجية التعرف على المفتاح الذي تم ضغطه في لوحة مفاتيح الحاسوب ؟
ج/ عند الضغط على المفتاح يقل البعد بين صفيحتي المتسعة المثبت بها المفتاح فتزداد سعتها مما يجعل الدوائر الالكترونية الخارجية تتعرف على المفتاح .
س/ اثبت ان : $\Omega . F = sec$
ج/

$$\Omega . F = \frac{V}{A} . \frac{C}{V} = \frac{C}{A} = \frac{A.sec}{A} = sec$$

جدول يبين تأثير إدخال عازل بين صفيحتي متسعة او نقصان البعد بين صفيحتيها او زيادة المساحة المتقابلة لصفيحتيها على كل من سعتها وشحنتها وفرق الجهد بين صفيحتيها والمجال الكهربائي بين صفيحتيها والطاقة المختزنة في المجال الكهربائي بين الصفيحتين في حالتين الأولى متصلة بالمصدر والثانية منفصلة عن المصدر.

| | المتسعة متصلة بمصدر | المتسعة منفصلة عن المصدر |
|---|---|---|
| | **إدخال مادة عازلة بين صفيحتيها** | |
| 1 | السعة : تزداد لان $C_K = K\,C$ | السعة : تزداد لان $C_K = K\,C$ |
| 2 | الشحنة : تزداد لان السعة تزداد (تناسب طردي) بثبوت فرق الجهد $(\Delta V)$ | الشحنة : تبقى ثابتة لان المتسعة منفصلة عن المصدر |
| 3 | فرق الجهد : يبقى ثابت لوجود المصدر | فرق الجهد : يقل لان السعة تزداد (تناسب عكسي) بثبوت الشحنة $(Q)$ |
| 4 | المجال الكهربائي : ثابت لثبوت فرق الجهد والبعد بين الصفيحتين حيث : $E = \frac{\Delta V}{d}$ | المجال الكهربائي : يقل بسبب نقصان فرق الجهد (تناسب طردي ) بثبوت البعد بين الصفيحتين$(d)$ |
| 5 | الطاقة المختزنة : تزداد بسبب زيادة الشحنة (تناسب طردي) بثبوت فرق الجهد $(\Delta V)$ | الطاقة المختزنة : تقل بسبب نقصان فرق الجهد (تناسب طردي) بثبوت الشحنة $(Q)$ |
| | **نقصان البعد بين صفيحتيها** | |
| 1 | السعة : تزداد لان $C \alpha \frac{1}{d}$ | السعة : تزداد لان $C \alpha \frac{1}{d}$ |
| 2 | الشحنة : تزداد لان السعة تزداد (تناسب طردي) بثبوت فرق الجهد $(\Delta V)$ | الشحنة : تبقى ثابتة لان المتسعة منفصلة عن المصدر |
| 3 | فرق الجهد : يبقى ثابت لوجود المصدر | فرق الجهد : يقل لان السعة تزداد (تناسب عكسي) بثبوت الشحنة $(Q)$ |
| 4 | المجال الكهربائي : يزداد لنقصان البعد بين الصفيحتين (تناسب عكسي) بثبوت فرق الجهد $(\Delta V)$ | المجال الكهربائي : يبقى ثابت لان فرق الجهد يقل والبعد يقل وان $E = \frac{\Delta V}{d}$ |
| 5 | الطاقة المختزنة : تزداد بسبب زيادة الشحنة (تناسب طردي) بثبوت فرق الجهد $(\Delta V)$ | الطاقة المختزنة : تقل بسبب نقصان فرق الجهد (تناسب طردي) بثبوت الشحنة $(Q)$ |
| | **زيادة المساحة المتقابلة للصفيحتين** | |
| 1 | السعة : تزداد لان $C \alpha A$ | السعة : تزداد لان $C \alpha A$ |
| 2 | الشحنة : تزداد لان السعة تزداد (تناسب طردي) بثبوت فرق الجهد $(\Delta V)$ | الشحنة : تبقى ثابتة لان المتسعة منفصلة عن المصدر |
| 3 | فرق الجهد : يبقى ثابت لوجود المصدر | فرق الجهد : يقل لان السعة تزداد (تناسب عكسي) بثبوت الشحنة $(Q)$ |
| 4 | المجال الكهربائي : ثابت لثبوت فرق الجهد والبعد بين الصفيحتين حيث : $E = \frac{\Delta V}{d}$ | المجال الكهربائي : يقل بسبب نقصان فرق الجهد (تناسب طردي ) بثبوت البعد بين الصفيحتين$(d)$ |
| 5 | الطاقة المختزنة : تزداد بسبب زيادة الشحنة (تناسب طردي) بثبوت فرق الجهد $(\Delta V)$ | الطاقة المختزنة : تقل بسبب نقصان فرق الجهد (تناسب طردي) بثبوت الشحنة $(Q)$ |

# خطوات الحل بعد ادخال العازل

## للمتسعة الواحدة كما في المثال الأول والسؤال الثاني من تمارين الفصل:

هذا النوع من المسائل يحل بخطوتين بعد إدخال العازل والحل يعتمد على كون ثابت العزل (k) معلوم ام مجهول

**اولا : عندما يكون ثابت العزل (k) معلوم فان خطوات الحل هي :**

1- $C_K = kC$

2- $C_K = \dfrac{Q_K}{\Delta V_K}$

- بالنسبة للخطوة الأولى استخراج سعة المتسعة بوجود المادة العازلة.
- بالنسبة للخطوة الثانية استخراج اما الشحنة بوجود العازل او فرق الجهد بوجود العازل مع مراعاة كون المتسعة متصلة بالمصدر ام منفصلة عنه.

فعندما تكون المتسعة بعد العازل ما زالت متصلة بالبطارية فان فرق الجهد بعد العازل هو نفسه فرق الجهد قبل العازل (ثابت) فما عليك الا ان تستخرج الشحنة بعد العازل بمعرفة السعة من النقطة الاولى وفرق الجهد قبل العازل.

وعند فصل المتسعة عن البطارية وادخل العازل بين صفيحتها تثبت شحنتها (الشحنة بعد العازل تساوي الشحنة قبل العازل) وما عليك الا ان تستخرج فرق جهد المتسعة بعد العازل بمعرفة سعة المتسعة من النقطة الاولى والشحنة قبل العازل.

**ثانيا : عندما يكون ثابت العزل k هو المجهول :**

نقدم الخطوة الثانية على الخطوط الأولى لإيجاد السعة بوجود العازل من قسمة الشحنة بوجود العازل على فرق الجهد بوجود العازل بعد معرفة المتسعة هل متصلة بالبطارية (حيث يثبت فرق جهدها في هذه الحالة) ام منفصلة عن البطارية (حيث تثبت شحنتها في هذه الحالة).

## لمجموع من المتسعات مربوطة توازي أو توالي كما في السؤال الثالث والرابع والخامس

يكون الحل معتمدا على ثلاث خطوات أساسية والبقية هي خطوات فرعية:

فالخطوات الأساسية معتمدة على k معلوم ام مجهول

**اولا : عندما يكون k معلوم وادخل العازل بين صفيحتي المتسعة الأولى مثلا نتبع الخطوات الآتية:**

1- نجد $C_{1K}$ من العلاقة : $C_{1K}=KC_1$

2- نجد $C_{(eq)k}$ من خواص الربط اما من مجموع السعات (اذا كان الربط توازي) او من مقلوب مجموع السعات ( اذا كان الربط توالي)

3- نستخدم القانون ( $C_{eqk} = \dfrac{Q_{(t)k}}{\Delta V_{(t)k}}$ ) أما لإيجاد ($Q_{TK}$) أو لإيجاد ($\Delta V_{Tk}$) بعد معرفة هل المجموعة متصلة بالبطارية (حيث يبقى فرق الجهد الكلي ثابت) ام منفصلة عنها (حيث تبقى الشحنة الكلية ثابتة).

4- بعد ذلك نعتمد على خواص الربط توازي أم توالي ففي ربط التوازي نوزع الشحنة الكلية والطاقة على المتسعات بمساواة فرق الجهد لكل المتسعات اما في ربط التوالي فنوزع فرق الجهد الكلي والطاقة على المتسعات بمساواة الشحنة لكل المتسعات .

**انتبه عزيزي الطالب هذه الخطوات الاربعة تستخدم مع منفصلة توازي (لايجاد فرق الجهد الكلي بعد العازل) او متصلة توالي (لايجاد الشحنة الكلية بعد العازل) اما اذا كانت متصلة توازي او منفصلة توالي فنهمل النقطة (2) و (3) حيث يكون حل السؤال باستخدام الخطوتين (1) و (4) فقط.**

**ثانيا : عندما يكون k مجهول وادخل العزل بين صفيحتي الأولى مثلا نتبع نفس الخطوات ولكن نجعل الخطوة الاولى هي الثالثة والخطوة الثالثة هي الاولى وكما ياتي:**

1- نستخدم القانون ( $C_{eqk} = \frac{Q_{(t)k}}{\Delta V_{(t)k}}$ ) لايجاد $C_{(eq)k}$ بعد معرفة هل المجموعة متصلة بالبطارية (حيث يبقى فرق الجهد الكلي ثابت) ام منفصلة عنها (حيث تبقى الشحنة الكلية ثابتة) .

2- نستخدم خواص الربط توازي (مجموع السعات) او التوالي (مقلوب السعات) لايجاد السعة المجهولة والتي ادخل عليها العازل .

3- نجد k من العلاقة : $C_K = kC$ .

4- بعد ذلك نعتمد على خواص الربط توازي أم توالي ففي ربط التوازي نوزع الشحنة الكلية والطاقة على المتسعات بمساواة فرق الجهد لكل المتسعات اما في ربط التوالي فنوزع فرق الجهد الكلي والطاقة على المتسعات بمساواة الشحنة لكل المتسعات .

**انتبه عزيزي الطالب :**

- **الخطوات الثلاثة الاولى تستخدم اذا اعطيت الشحنة الكلية بعد العازل (حيث تعطى عادة مع المتصلة) كذلك تستخدم اذا اعطي في السؤال فرق الجهد الكلي بعد العازل (حيث يعطى عادة مع المجموعة المنفصلة) .**
- **ولكن احيانا مع المنفصلة توازي تعطى شحنة المتسعة التي ادخل عليها العازل لذلك علينا ايجاد شحنة المتسعة الاخرى وذلك بطرح شحنة المتسعة التي ادخل عليها العازل والمعطاة في السؤال من الشحنة الكلية بعد ذلك من الشحنة التي اوجدناها وسعة المتسعة التي لم يدخل عليها عازل نجد فرق الجهد بعد العازل ثم نعود للمتسعة التي ادخل عليها العازل من شحنتها وفرق جهدها نجد سعتها بعد العازل ومن سعتها بعد العازل وسعتها قبل العازل نجد ثابت العزل.**
- **واحيانا مع المتصلة توالي يعطى فرق جهد المتسعة التي ادخل عليها العازل لذلك علينا ايجاد فرق جهد المتسعة الاخرى وذلك بطرح فرق جهد المتسعة التي ادخل عليها العازل والمعطاة في السؤال من فرق الجهد الكلي بعد ذلك من فرق الجهد الذي اوجدناه وسعة المتسعة التي لم يدخل عليها عازل نجد الشحنة بعد العازل ثم نعود للمتسعة التي ادخل عليها العازل من شحنتها وفرق جهدها نجد سعتها بعد العازل ومن ثم من سعتها بعد العازل وسعتها قبل العازل نجد ثابت العزل.**
- **في حالة الانتقال بالحل من دائرة قبل العازل الى دائرة بعد العازل وكانت المجموعة (متصلة بالبطارية) يثبت فرق الجهد الكلي وتزداد الشحنة الكلية ، اما اذا كانت (منفصلة عن البطارية) تثبت الشحنة الكلية ويقل فرق الجهد الكلي وهذه الحالة تحدث للتوازي والتوالي على حد سواء. اما في الدائرة الواحدة سواء كانت دائرة (قبل العازل) او دائرة (بعد العازل) فعلينا الانتباه فقط الى نوع الربط ففي (التوازي) يتساوى فرق الجهد للمتسعات وتتوزع الشحنة الكلية والطاقة وفي (التوالي) تتساوى الشحنة على المتسعات ويتوزع فرق الجهد الكلي والطاقة.**

## قوانين الفصل الاول

### اولا : متسعة واحدة

1) **القوانين :**

♦ **اذا كان العازل فراغ او هواء (قبل ادخال العازل) :**

$$E = \frac{\Delta V}{d}$$ ,

$$C = \frac{Q}{\Delta V} \quad \text{or} \quad C = \varepsilon_o \frac{A}{d}$$

$$PE = \frac{1}{2}\Delta V.Q \quad or \quad PE = \frac{1}{2}C.(\Delta V)^2 \quad or \quad PE = \frac{1}{2}.\frac{Q^2}{C}$$

♦ اذا كان العازل غير الفراغ او الهواء (بعد ادخال العازل) :

$$C_k = \frac{Q_k}{\Delta V_k} \quad or \quad C_k = k\varepsilon_o\frac{A}{d}$$

،

$$E_k = \frac{\Delta V_k}{d}$$

$$PE_k = \frac{1}{2}\Delta V_k.Q_k \quad or \quad PE_k = \frac{1}{2}C_k.(\Delta V_k)^2 \quad or \quad PE_k = \frac{1}{2}.\frac{Q_k^2}{C_k}$$

2) العلاقات :

| الكمية | اذا ادخل العازل والمتسعة مازالت متصلة | اذا فصلت المتسعة وادخل العازل |
|---|---|---|
| السعة | $C_k = kC$ | $C_k = kC$ |
| الشحنة | $Q_k = kQ$ | $Q_k = Q$ |
| فرق الجهد | $\Delta V_k = \Delta V$ | $\Delta V_k = \frac{\Delta V}{k}$ |
| المجال الكهربائي | $E_k = E$ | $E_k = \frac{E}{k}$ |
| الطاقة المختزنة | $PE_k = kPE$ | $PE_k = \frac{PE}{k}$ |

**مجموعة متسعات متوازية او متوالية :**

**اولا : القوانين :**

اذا كان العازل فراغ او هواء (قبل ادخال العازل) :

$$C_{eq} = \frac{Q_T}{\Delta V_T}$$

$$PE_T = \frac{1}{2}\Delta V_T.Q_T \quad or \quad PE_T = \frac{1}{2}C_{eq}.(\Delta V_T)^2 \quad or \quad PE_T = \frac{1}{2}.\frac{Q_T^2}{C_{eq}}$$

اذا كان العازل غير الفراغ او الهواء (بعد ادخال العازل) :

$$C_{eqk} = \frac{Q_{Tk}}{\Delta V_{Tk}}$$

$$PE_{Tk}=\frac{1}{2}\Delta V_{Tk}.Q_{Tk} \quad or \quad PE_{Tk}=\frac{1}{2}C_{eqk}.(\Delta V_{Tk})^2 \quad or \quad PE_{Tk}=\frac{1}{2}.\frac{Q_{Tk}^2}{C_{eqk}}$$

$Q_{TK}=Q_T$ للمنفصلة or $\Delta V_{Tk}=\Delta V_T$ للمتصلة , $C_k=k\,C$

## ثانيا : الخواص

| ت | ربط المتسعات على التوازي | ربط المتسعات على التوالي |
|---|---|---|
| 1 | السعة المكافئة للمجموعة تساوي مجموع سعات المتسعات أي ان: $C_{eq}=C_1+C_2+C_3+\ldots\ldots C_n$ | مقلوب السعة المكافئة للمجموعة يساوي مجموع مقلوب السعات أي ان : $\frac{1}{C_{eq}}=\frac{1}{C_1}+\frac{1}{C_2}+\frac{1}{C_3}+\ldots\ldots\frac{1}{C_n}$ |
| 2 | الشحنة الكلية تساوي مجموع شحنات المتسعات أي ان: $Q_T=Q_1+Q_2+Q_3+\ldots\ldots Q_n$ | الشحنة الكلية تساوي شحنة أي متسعة من المتسعات (الشحنة ثابتة) أي ان : $Q_T=Q_1=Q_2=Q_3=\ldots\ldots Q_n$ |
| 3 | فرق الجهد الكلي يساوي فرق جهد أي متسعة من المتسعات (فرق الجهد ثابت) أي ان : $\Delta V_T=\Delta V_1=\Delta V_2=\Delta V_3=\ldots\ldots\Delta V_n$ | فرق الجهد الكلي يساوي مجموع فرق الجهد للمتسعات أي ان : $\Delta V_T=\Delta V_1+\Delta V_2+\Delta V_3+\ldots\ldots\Delta V_n$ |
| | $C_1$ $C_2$ $C_3$ $\Delta V_T$ | $C_1$ $C_2$ $C_3$ $\Delta V_T$ |
| 4 | $PE_T=PE_1+PE_2+PE_3+\ldots\ldots$ | $PE_T=PE_1+PE_2+PE_3+\ldots\ldots$ |
| 5 | لاي عدد من المتسعات المتماثلة السعة (المتساوية) فان: سعة المتسعة المكافئة = عدد المتسعات × سعة أي متسعة $C_{eq}=nC$ | لاي عدد من المتسعات المتماثلة السعة (المتساوية) فان: سعة المتسعة المكافئة = سعة أي متسعة / عدد المتسعات $C_{eq}=\frac{C}{n}$ |

## شحن وتفريغ المتسعة :

a) مرحلة الشحن :

اولا : ربط المتسعة على التوالي مع مقاومة او مجموعة مقاومات :

جدول يوضح العلاقات التي يمكن تطبيقها في دائرة شحن المتسعة :

| العنصر | لحظة اغلاق المفتاح | بعد اكتمال شحن المتسعة (بعد مدة من اغلاق المفتاح) |
|---|---|---|
| المقاومة | $\Delta V_R = \Delta V_{battery}$<br>$I = \frac{\Delta V_{battery}}{R}$ | $\Delta V_R = 0 \quad , \; I = 0$ |
| المتسعة | لانها غير مشحونة لذلك :<br>$Q = 0 \; , \; \Delta V_C = 0 \; , \; E = 0 \; , \; PE = 0$ | $\Delta V_C = \Delta V_{battery}$<br>وبالنسبة للشحنة والمجال الكهربائي والطاقة تحسب كل منها وفقا لقوانين المتسعة الواحدة. |

b) تيار التفريغ يحسب من العلاقة الآتية :

$$I = \frac{\Delta V_C}{R}$$

## أمثلة محلولة على المتسعات

**مثال 1/** متسعة ذات الصفيحتين المتوازيين المسافة بين صفيحتيها (5mm) ربطت الى بطارية فرق الجهد بين قطبيها (12V) فكانت الشحنة المختزنة في اي من صفيحتيها (60μC) احسب :

1- سعة المتسعة 2- المجال الكهربائي بين الصفيحتين 3- الطاقة المختزنة في المجال الكهربائي بين الصفيحتين.

الحل/

$$(1)\;\; C = \frac{Q}{\Delta V} = \frac{60}{12} = 5\mu F \quad , \quad (2)\;\; E = \frac{\Delta V}{d} = \frac{12}{5\times10^{-3}} = 2.4\times10^{3} V/m$$

$$(3)\;\; PE = \frac{1}{2}\Delta V . Q = \frac{1}{2}\times12\times60\times10^{-6} = 360\times10^{-6} J$$

**مثال/2** متسعة ذات الصفيحتين المتوازيتين سعتها (10μF) شحنت بوساطة بطارية فرق الجهد بين قطبيها (12V) ثم فصلت عن البطارية وادخل عازل بين الصفيحتين ثابت عزله (k=2) بحيث يملأ الحيز بينهما احسب:
1- الشحنة المختزنة في أي من صفيحتي المتسعة.
2- سعة المتسعة بعد ادخال العازل الكهربائي.
3- فرق الجهد بين صفيحتي المتسعة بعد ادخال العازل.

**الحل/**

$$1-\quad Q = C.\Delta V = 10\times 12 = 120\mu C \quad , \quad 2-\quad C_k = kC = 2\times 10 = 20\mu F$$

$$3-\quad \Delta V_k = \frac{Q}{C_k} = \frac{120}{20} = 6V$$

**مثال/3** متسعة ذات الصفيحتين المتوازيتين سعتها (20μF) شحنت بوساطة بطارية فرق الجهد بين قطبيها (6V) ثم ادخل لوح من مادة ثابت عزلها (k) بين صفيحتيها والمتسعة مازالت متصلة بالبطارية فاصبحت سعتها (60μF) ما مقدار:
1- ثابت العزل الكهربائي للوح العازل.
2- الشحنة المختزنة في أي من صفيحتي المتسعة بعد ادخال العازل.
3- الطاقة المختزنة في المجال الكهربائي بين الصفيحتين قبل وبعد ادخال العازل.
4- المجال الكهربائي بين الصفيحتين بعد ادخال العازل اذا كان البعد بين الصفيحتين (0.5cm).

**الحل/**

$$1-\quad k = \frac{C_k}{C} = \frac{60}{20} = 3 \quad , \quad 2-\quad Q_k = C_k.\Delta V = 60\times 6 = 360\mu C$$

$$3-\quad PE = \frac{1}{2}C.(\Delta V)^2 = \frac{1}{2}\times 20\times 10^{-6}(6)^2 = 36\times 10^{-5} J$$

$$PE_k = \frac{1}{2}C_k.(\Delta V)^2 = \frac{1}{2}\times 60\times 10^{-6}(6)^2 = 108\times 10^{-5} J$$

$$4-\quad E_k = \frac{\Delta V}{d} = \frac{6}{0.5\times 10^{-2}} = 1200 V/m$$

**مثال/4** متسعة ذات الصفيحتين المتوازيتين مقدار سعتها (C) ربطت الى بطارية فرق الجهد بين قطبيها (12V) ثم ادخل عازل بين صفيحتيها بدلا من الهواء ثابت عزله الكهربائي (k=2.5) فكانت الشحنة المختزنة في اي من صفيحتيها (600μC) فما مقدار ؟

1- سعة المتسعة قبل العازل . 2- الطاقة المختزنة في المجال الكهربائي بين صفيحتي المتسعة قبل وبعد العازل.

**الحل/**

$$(1)\quad C_k = \frac{Q_k}{\Delta V} = \frac{600}{12} = 50\mu F \quad , \quad C_k = kC \quad \Rightarrow \quad C = \frac{C_k}{k} = \frac{50}{2.5} = 20\mu F$$

$$(2)\quad PE = \frac{1}{2}C.(\Delta V)^2 = \frac{1}{2}\times 20\times 10^{-6}(12)^2 = 144\times 10^{-5} J$$

$$PE = \frac{1}{2}C.(\Delta V)^2 = \frac{1}{2}\times 50\times 10^{-6}(12)^2 = 25\times 144\times 10^{-6} = 3600\times 10^{-6} = 36\times 10^{-4} J$$

**مثال/5** متسعة ذات الصفيحتين المتوازيتين مقدار سعتها (C) والبعد بين صفيحتيها (2mm) شحنت بوساطة بطارية ثم فصلت عنها وادخل لوح من مادة عازلة كهربائيا ثابت عزلها (k=4) بين صفيحتيها فكانت الزيادة في سعتها (60μF) والشحنة المختزنة في اي من صفيحتيها (240μC) ما فرق الجهد والمجال الكهربائي بين صفيحتي المتسعة ؟ (1) قبل ادخال العازل. (2) بعد ادخال العازل

**الحل/**

$$C_k = kC \Rightarrow C + 60 = 4C \quad 4C - C = 60 \Rightarrow 3C = 60 \Rightarrow C = 20\mu F$$

$$C_k = 4 \times 20 = 80\mu F$$

$$(1)\ \Delta V = \frac{Q}{C} = \frac{240}{20} = 12V \quad , \quad E = \frac{\Delta V}{d} = \frac{12}{2\times 10^{-3}} = 6000V/m$$

$$(2)\ \Delta V_k = \frac{Q}{C_k} = \frac{240}{80} = 3V \quad , \quad E_k = \frac{\Delta V_k}{d} = \frac{3}{2\times 10^{-3}} = 1500V/m$$

**مثال/6** ربطت المتسعتان ($C_1$=2μF , $C_2$=5μF) على التوازي وشحنت السعة المكافئة لهما بشحنة كلية مقدارها (280μC) . احسب لكل متسعة مقدار:
1- الشحنة المختزنة على أي من صفيحتيها. 2- الطاقة المختزنة في المجال الكهربائي بين صفيحتيها.

**الحل/**

$$1-\quad C_{eq} = C_1 + C_2 = 2 + 5 = 7\mu F \ ,\ \Delta V = \frac{Q_T}{C_{eq}} = \frac{280}{7} = 40V$$

$$Q_1 = C_1.\Delta V = 2\times 40 = 80\mu C \quad , \quad Q_2 = C_2.\Delta V = 5\times 40 = 200\mu C$$

$$2-\quad PE_1 = \frac{1}{2}\Delta V.Q_1 = \frac{1}{2}\times 40\times 80\times 10^{-6} = 16\times 10^{-4} J$$

$$PE_2 = \frac{1}{2}\Delta V.Q_2 = \frac{1}{2}\times 40\times 200\times 10^{-6} = 4\times 10^{-3} J$$

**مثال/7** ربطت المتسعتان ($C_1$=6μF , $C_2$= 3μF) على التوالي وشحنت المجموعة بشحنة 200μC احسب :
1- فرق جهد المصدر الشاحن 2- فرق الجهد بين صفيحتي كل متسعة من المتسعات.
3- الطاقة المختزنة في المجال الكهربائي بين صفيحتي كل متسعة والطاقة المختزنة في المجموعة.

**الحل/**

$$1-\quad C_{eq} = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2} = \frac{6\times 3}{6+3} = \frac{18}{9} = 2\mu F$$

$$\Delta V_T = \frac{Q_T}{C_{eq}} = \frac{200}{2} = 100V$$

$$3-\quad \Delta V_1 = \frac{Q}{C_1} = \frac{200}{6} = \frac{100}{3} V \quad , \quad \Delta V_2 = \frac{Q}{C_2} = \frac{200}{3} V$$

$$4- \quad PE_1 = \frac{1}{2}\Delta V_1.Q = \frac{1}{2}\times\frac{100}{3}\times 200\times 10^{-6} = \frac{1}{3}\times 10^{-2} J$$

$$PE_2 = \frac{1}{2}\Delta V_2.Q = \frac{1}{2}\times\frac{200}{3}\times 200\times 10^{-6} = \frac{2}{3}\times 10^{-2} J$$

$$PE_T = PE_1 + PE_2 = \frac{1}{3}\times 10^{-2} + \frac{2}{3}\times 10^{-2} = 0.01J$$

**مثال/8** المتسعتان $(C_1=12\mu F, C_2=3\mu F)$ موصولتان على التوازي ثم وصلت مجموعتهما الى بطارية فكانت الشحنة الكلية $(300\mu C)$ .

1- احسب الشحنة المختزنة في اي من صفيحتي كل متسعة .

2- اذا فصلت المجموعة عن البطارية وادخل لوح من مادة عازلة كهربائيا ثابت عزلها $(k)$ بين صفيحتي المتسعة الثانية انخفض فرق جهد المجموعة الى $(10V)$ فما مقدار ثابت العزل $(k)$ ؟ وشحنة كل متسعة بعد العازل ؟

**الحل/**

$$1- \quad C_{eq} = C_1 + C_2 = 12 + 3 = 15\mu F \ , \ \Delta V = \frac{Q_T}{C_{eq}} = \frac{300}{15} = 20V$$

$$Q_1 = C_1.\Delta V = 12\times 20 = 240\mu C \quad , \quad Q_2 = C_2.\Delta V = 3\times 20 = 60\mu C$$

$$2- \quad C_{eqk} = \frac{Q_{Tk}}{\Delta V} = \frac{300}{10} = 30\mu F$$

$$C_{2k} = C_{eqk} - C_1 = 30 - 12 = 18\mu F \ , \ k = \frac{C_{2k}}{C_2} = \frac{18}{3} = 6$$

$$Q_1 = C_1.\Delta V = 12\times 10 = 120\mu C \quad , \quad Q_{2k} = C_{2k}.\Delta V = 18\times 10 = 180\mu C$$

**مثال/9** ربطت المتسعتان $(C_1=4\mu F \ , \ C_2=2\mu F)$ على التوازي ثم شحنت المجموعة بمصدر وفصلت عنه فظهر فرق جهد على طرفي المجموعة $(40V)$ ثم ادخلت مادة عازلة سمكها $(0.2cm)$ بين صفيحتي المتسعة الثانية بحيث تملأ الحيز بين صفيحتيها فاصبح فرق جهد المجموعة $(24V)$ فما مقدار ثابت عزل العازل ؟ وكم يصبح المجال الكهربائي بين صفيحتي المتسعة الثانية؟

**الحل/**

$$C_{eq} = C_1 + C_2 = 4 + 2 = 6\mu F \quad , \quad Q_T = C_{eq}.\Delta V_T = 6\times 40 = 240\mu C$$

$$C_{eqk} = \frac{Q_{Tk}}{\Delta V_{Tk}} = \frac{240}{24} = 10\mu F$$

$$C_{eqk} = C_1 + C_{2k} \quad \Rightarrow \quad C_{2k} = C_{eqk} - C_1 = 10 - 4 = 6\mu F$$

$$\therefore \ k = \frac{C_{2k}}{C_2} = \frac{6}{2} = 3 \quad , \quad E_2 = \frac{\Delta V}{d} = \frac{24}{0.2\times 10^{-2}} = 12000V/m$$

**مثال/10** متسعتان من ذوات الصفائح المتوازية $(C_1=4\mu F \ , \ C_2=6\mu F)$ موصولتان مع بعضهما على التوازي ثم وصلت مجموعتهما الى بطارية فرق الجهد بين قطبيها $(20V)$ .

1- ما مقدار شحنة كل متسعة والشحنة الكلية المختزنة في المجموعة.

2- اذا فصلت المجموعة عن البطارية ثم وضع عازل ثابت عزله $(k=6)$ بين صفيحتي المتسعة الثانية بحيث يملأ الحيز بينهما فكم يصبح مقدار الشحنة المختزنة في أي من صفيحتي كل متسعة؟

الحل/

$$1- \quad Q_1 = C_1.\Delta V = 4 \times 20 = 80\mu C \quad , \quad Q_2 = C_2.\Delta V = 6 \times 20 = 120\mu C$$

$$Q_T = Q_1 + Q_2 = 80 + 120 = 200\mu C$$

$$2- \quad C_{2k} = kC_2 = 6 \times 6 = 36\mu F \quad , \quad C_{eqk} = C_1 + C_{2k} = 4 + 36 = 40\mu F$$

$$\therefore \quad \Delta V_k = \frac{Q_{Tk}}{C_{eqk}} = \frac{200}{40} = 5V$$

$$Q_1 = C_1.\Delta V_k = 4 \times 5 = 20\mu C \quad , \quad Q_{2k} = C_{2k}.\Delta V_k = 36 \times 5 = 180\mu C$$

**مثال/11** المتسعتان $(C_1,C_2=18\mu F)$ موصولتان مع بعضهما على التوازي ، ادخل لوح من مادة عازلة ثابت عزلها $(k=6)$ بين صفيحتي المتسعة الاولى ثم وصلت المجموعة الى بطارية فكانت الشحنة المختزنة في المجموعة $(450\mu C)$ والشحنة المختزنة في اي من صفيحتي المتسعة الاولى $(180\mu C)$ جد :
1- سعة المتسعة $(C_1)$ قبل ادخال العازل     2- الطاقة المختزنة في المجال الكهربائي بين صفيحتيها .

الحل/

$$Q_T = Q_{1k} + Q_2 \Rightarrow 450 = 180 + Q_2 \Rightarrow Q_2 = 450 - 180 = 270\mu C$$

$$\Delta V = \frac{Q_2}{C_2} = \frac{270}{18} = 15V \quad , \quad C_{1k} = \frac{Q_{1k}}{\Delta V} = \frac{180}{15} = 12\mu F$$

$$C_{1k} = k\,C_1 \Rightarrow 12 = 6C_1 \Rightarrow C_1 = \frac{12}{6} = 2$$

$$PE_{1k} = \frac{1}{2}\Delta V.Q_{1k} = \frac{1}{2} \times 15 \times 180 \times 10^{-6} = 1350 \times 10^{-6} J$$

**مثال/12** المتسعة $(2\mu F)$ يفصل بين صفيحتيها الهواء وضعت مادة عازلة بدل الهواء بين صفيحتيها ثم وصلت على التوازي بالمتسعة $(3\mu F)$ ثم شحنت المجموعة فكانت الشحنة الكلية $(1800\mu C)$ وفرق الجهد بين طرفي المجموعة $(120V)$ . ما مقدار :
1- ثابت عزل المادة العازلة .     2- الشحنة المختزنة على أي من صفيحتي كل متسعة.

الحل/

$$1- \quad C_{eqk} = \frac{Q_{Tk}}{\Delta V_{Tk}} = \frac{1800}{120} = 15\mu F$$

$$C_{eqk} = C_{1k} + C_2 \Rightarrow C_{1k} = C_{eqk} - C_2 = 15 - 3 = 12\mu F$$

$$k = \frac{C_{1k}}{C_1} = \frac{12}{2} = 6$$

$$2- \quad Q_{1k} = C_{1k}.\Delta V = 12 \times 120 = 1440\mu C \quad , \quad Q_2 = C_2.\Delta V = 3 \times 120 = 360\mu C$$

**مثال/13** المتسعتان $(C_1=3\mu F \ , \ C_2=6\mu F)$ ربطتا على التوالي وشحنت المجموعة بمصدر ثم فصلت عنه فظهر فرق جهد على طرفي المجموعة $(90V)$ .
1- احسب فرق الجهد بين صفيحتي كل متسعة .
2- واذا استعملت مادة عازلة ثابت عزلها $(k=2)$ وسمكها $(0.6cm)$ في المتسعة الاولى بدل الهواء فكم يصبح فرق الجهد بين صفيحتي كل متسعة ؟ وكم هو مقدار المجال الكهربائي بين صفيحتي المتسعة الاولى ؟

الحل/

$$1-C_{eq}=\frac{C_1.C_2}{C_1+C_2}=\frac{3\times 6}{3+6}=\frac{18}{9}=2\mu F$$

$$Q=C_{eq}.\Delta V_T=2\times 90=180\mu C$$

$$\Delta V_1=\frac{Q}{C_1}=\frac{180}{3}=60V \quad , \quad \Delta V_2=\frac{Q}{C_2}=\frac{180}{6}=30V$$

$$2-\quad C_{1k}=k\,C_1=2\times 3=6\mu F$$

$$\Delta V_{1k}=\frac{Q_k}{C_{1k}}=\frac{180}{6}=30V \quad , \quad \Delta V_2=\frac{Q_k}{C_2}=\frac{180}{6}=30V$$

$$E_{1k}=\frac{\Delta V_{1k}}{d}=\frac{30}{0.6\times 10^{-2}}=5000V/m$$

**مثال/14** المتسعتان ($C_1=20\mu F, C_2=30\mu F$) موصولتان على التوالي ، وصلتا الى بطارية فرق الجهد بين قطبيها (6V)

1- احسب لكل متسعة فرق الجهد بين صفيحتيها .

2- ادخل لوح من مادة عازلة ثابت عزلها (3) بين صفيحتي المتسعة الاولى (والمجموعة مازالت متصلة بالبطارية) فما مقدار فرق الجهد بين صفيحتي كل متسعة بعد إدخال المادة العازلة؟

الحل/

$$(1)\ \ C_{eq}=\frac{C_1.C_2}{C_1+C_2}=\frac{20\times 30}{20+30}=\frac{600}{50}=12\mu F\ ,\ \ Q=C_{eq}.\Delta V_T=12\times 6=72\mu C$$

$$\Delta V_1=\frac{Q}{C_1}=\frac{72}{20}=3.6V \quad , \quad \Delta V_2=\frac{Q}{C_2}=\frac{72}{30}=2.4$$

$$(2)\ C_{1k}=kC_1=3\times 20=60\mu F\ ,\ C_{eqk}=\frac{C_{1k}.C_2}{C_{1k}+C_2}=\frac{60\times 30}{60+30}=\frac{60\times 30}{30(2+1)}=20\mu F$$

$$Q_k=C_{eqk}.\Delta V_{Tk}=20\times 6=120\mu C$$

$$\Delta V_{1k}=\frac{Q_k}{C_{1k}}=\frac{120}{60}=2V \quad , \quad \Delta V_2=\frac{Q_k}{C_2}=\frac{120}{30}=4V$$

**مثال/15** متسعتان من ذوات الصفيحتين المتوازيتين ($C_1=20\mu F$ , $C_2=30\mu F$) مربوطتان مع بعضهما على التوالي . ربطت مجموعتهما الى طرفي بطارية فرق الجهد بين قطبيها (20V) وكان الهواء عازلا بين صفيحتي كل متسعة ، ادخل لوح من مادة عازلة كهربائيا ثابت عزله (k=6) بين صفيحتي المتسعة $C_1$ (مع بقاء المجموعة متصلة بالبطارية) احسب مقدار فرق الجهد بين صفيحتي كل متسعة والطاقة المختزنة فيها.

1- قبل العازل 2- بعد العازل

الحل/

$$1- \quad \frac{1}{C_{eq}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} = \frac{1}{20} + \frac{1}{30} = \frac{3+2}{60} = \frac{5}{60} = \frac{1}{12} \quad \Rightarrow \quad C_{eq} = 12\mu F$$

$$Q = C_{eq}.\Delta V_T = 12 \times 20 = 240\mu C$$

$$\Delta V_1 = \frac{Q}{C_1} = \frac{240}{20} = 12V \quad , \quad \Delta V_2 = \frac{Q}{C_2} = \frac{240}{30} = 8V$$

$$PE_1 = \frac{1}{2}\Delta V_1.Q = \frac{1}{2} \times 12 \times 240 \times 10^{-6} = 144 \times 10^{-5} J$$

$$PE_2 = \frac{1}{2}\Delta V_2.Q = \frac{1}{2} \times 8 \times 240 \times 10^{-6} = 96 \times 10^{-5} J$$

$$2- \quad C_{1k} = k\,C_1 = 6 \times 20 = 120\mu F$$

$$\frac{1}{C_{eqk}} = \frac{1}{C_{1k}} + \frac{1}{C_2} = \frac{1}{120} + \frac{1}{30} = \frac{1+4}{120} = \frac{5}{120} = \frac{1}{24} \quad \Rightarrow \quad C_{eqk} = 24\mu F$$

$$Q_k = C_{eqk}.\Delta V_{Tk} = 24 \times 20 = 480\mu C$$

$$\Delta V_{1k} = \frac{Q_k}{C_{1k}} = \frac{480}{120} = 4V \quad , \quad \Delta V_2 = \frac{Q_k}{C_2} = \frac{480}{30} = 16V$$

$$PE_{1k} = \frac{1}{2}\Delta V_{1k}.Q_k = \frac{1}{2} \times 4 \times 480 \times 10^{-6} = 96 \times 10^{-5} J$$

$$PE_2 = \frac{1}{2}\Delta V_2 \times Q_k = \frac{1}{2} \times 16 \times 480 \times 10^{-6} = 384 \times 10^{-5} J$$

**مثال/16** متسعتان من ذوات الصفائح المتوازية ($C_1$=9μF,$C_2$=18μF) مربوطتان على التوالي وربطت مجموعتهما الى نضيدة فرق الجهد بين قطبيها (12V) .

1- احسب فرق الجهد بين صفيحتي كل متسعة.

2- ادخل لوح من مادة عازلة كهربائيا بين صفيحتي المتسعة الأولى (مع بقاء البطارية متصلة بالمجموعة) فأصبحت الشحنة الكلية للمجموعة (144μC) احسب ثابت العزل الكهربائي وفرق جهد كل متسعة؟

الحل/

$$1- \quad \frac{1}{C_{eq}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} = \frac{1}{9} + \frac{1}{18} = \frac{2+1}{18} = \frac{3}{18} = \frac{1}{6} \quad \Rightarrow \quad C_{eq} = 6\mu F$$

$$Q = C_{eq}.\Delta V_T = 6 \times 12 = 72\mu C = Q_1 = Q_2$$

$$\Delta V_1 = \frac{Q}{C_1} = \frac{72}{9} = 8V \quad , \quad \Delta V_2 = \frac{Q}{C_2} = \frac{72}{18} = 4V$$

سعيد محي تومان

$$2-\quad \Delta V_{Tk}=\Delta V_T=12V \;,\; C_{eqk}=\frac{Q_{Tk}}{\Delta V_{Tk}}=\frac{144}{12}=12\mu F$$

$$\frac{1}{C_{eqk}}=\frac{1}{C_{1k}}+\frac{1}{C_2} \Rightarrow \frac{1}{C_{1k}}=\frac{1}{C_{eqk}}-\frac{1}{C_2}=\frac{1}{12}-\frac{1}{18}=\frac{3-2}{36}=\frac{1}{36}$$

$$\therefore\; C_{1k}=36\mu F \;,\; k=\frac{C_{1k}}{C_1}=\frac{36}{9}=4$$

$$\Delta V_{1k}=\frac{Q_k}{C_{1k}}=\frac{144}{36}=4V \;,\; \Delta V_2=\frac{Q_k}{C_2}=\frac{144}{18}=8V$$

**مثال17/** ربطت المقاومتان $(r=5\Omega, R=10\Omega)$ على التوالي ثم ربطتا الى بطارية فرق الجهد بين قطبيها $(30V)$ احسب الشحنة المختزنة في اي من صفيحتي متسعة سعتها $(20\mu F)$ لو ربطت
1- على التوازي مع المقاومة $(5\Omega)$ 2- على التوالي مع المجموعة.

الحل/

$$1)\; I=\frac{\Delta V_T}{R+r}=\frac{30}{10+5}=\frac{30}{15}=2A \;,\; \Delta V_r=I\,r=2\times5=10V=\Delta V_c$$

$$Q=C.\Delta V_c=20\times10=200\mu C$$

$$2)\; \Delta V_c=\Delta V_T=30V \;,\; \therefore\; Q=C.\Delta V_c=20\times30=600\mu C$$

**مثال18/** دائرة كهربائية متوالية الربط تحتوي على مصباح كهربائي مقاومته $(r=4\Omega)$ ومقاومة مقدارها $(R=16\Omega)$ وبطارية مقدار فرق الجهد بين قطبيها $(\Delta V=60V)$ ، ربطت في الدائرة متسعة ذات الصفيحتين المتوازيتين على التوازي مع المصباح فكانت الشحنة المختزنة في أي من صفيحتيها $(300\mu C)$ جد مقدار سعتها والطاقة المختزنة في المجال الكهربائي بين صفيحتيها .

الحل/

$$I=\frac{\Delta V}{r+R}=\frac{60}{4+16}=\frac{60}{20}=3A \;,\; \Delta V_r=I\,r=3\times4=12V=\Delta V_C$$

$$C=\frac{Q}{\Delta V_C}=\frac{300}{12}=25\mu F \;,\; PE=\frac{1}{2}\Delta V_C.Q=\frac{1}{2}\times12\times300\times10^{-6}=18\times10^{-4}J$$

سعيد محي تومان

## أسئلة الفصل الأول

**س1/ اختر العبارة الصحيحة لكل من العبارات التالية :**

1- متسعة ذات الصفيحتين المتوازيتين ، مشحونة ومفصولة عن البطارية ، الهواء يملأ الحيز بين صفيحتيها . أدخلت مادة عازلة ثابت عزلها (K=2) فملأت الحيز بين الصفيحتين فان مقدار المجال الكهربائي $(E_k)$ بين صفيحتيها بوجود المادة العازلة مقارنة مع مقداره (E) في حالة الهواء يصير :

(a) $\frac{E}{4}$ (b) 2E (c) E **(d) $\frac{E}{2}$**

2- وحدة (Farad) تستعمل لقياس سعة المتسعة وهي لا تكافئ إحدى الوحدات الآتية :

(a) $\frac{Coulomb^2}{J}$ (b) $\frac{Coulomb}{V}$ **(c) $Coulomb \times V^2$** (d) $\frac{J}{V^2}$

3- متسعة ذات الصفيحتين المتوازيتين ، سعتها C ، قربت صفيحتيها من بعضهما حتى صار البعد بينهما $(\frac{1}{3})$ ما كان عليه ، فان مقدار سعتها الجديدة يساوي :

(a) $(\frac{1}{3}C)$ (b) $\frac{1}{9}C$ **(c) (3C)** (d) (9C)

4- متسعة مقدار سعتها (20μF) ، لكي تختزن طاقة في مجالها الكهربائي مقدارها (2.5J) يتطلب ربطها بمصدر فرق جهده مستمر يساوي :

(a) 150V (b) 350V **(c) 500V** (d) 250KV

5- متسعة ذات الصفيحتين المتوازيتين سعتها (50μF) ، الهواء عازلا بين صفيحتيها ، إذا ادخلت مادة عازلة بين صفيحتيها ازدادت سعتها بمقدار (60μF) ، فان ثابت عزل تلك المادة يساوي :

(a) 0.45 (b) 0.55 (c) 1.1 **(d) 2.2**

س2/ عند مضاعفة فرق الجهد الكهربائي بين صفيحتي متسعة ذات سعة ثابتة ، وضح ماذا يحصل لكل من مقدار:
(a) الشحنة المختزنة (Q) في أي من صفيحتيها ؟ (b) الطاقة المختزنة في المجال الكهربائي بين الصفيحتين

ج/ (a) تتضاعف الشحنة لأنها تتناسب طرديا مع فرق الجهد بثبوت السعة وفقا للعلاقة التالية $(Q=C\times\Delta V)$.
(b) الطاقة المختزنة تصبح أربعة أمثال ما كانت عليه لان الطاقة المختزنة تتناسب طرديا مع مربع فرق الجهد بثبوت سعة المتسعة وفقا للعلاقة $(PE = \frac{1}{2}C\times\Delta V^2)$

س3/ متسعة مشحونة ، فرق الجهد بين صفيحتيها عاليا جدا (على الرغم من انها مفصولة عن مصدر الفولطية). تكون مثل هذه المتسعة ولفترة زمنية طويلة خطرة عند لمسها باليد . ما تفسير لذلك ؟

ج/ خطورتها تكمن في ان مقدار الشحنة المختزنة في اي من صفيحتيها كبير جدا لان فرق جهدها كبير $(Q=C.\Delta V)$ وعند لمس هذه المتسعة باليد مباشرة تتفرغ من شحنتها لان اليد مادة موصلة بين الصفيحتين .

س4/ ما العوامل المؤثرة في سعة المتسعة ؟ اكتب علاقة رياضية توضح ذلك.

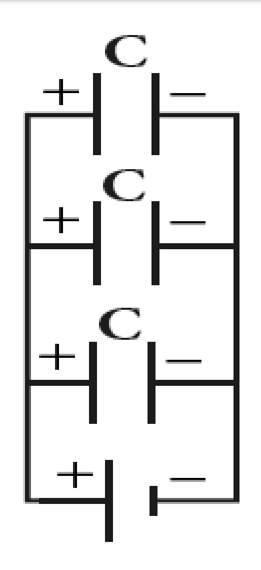
ج/ في الملزمة .

س5/ ارسم مخططا لدائرة كهربائية (مع التأشير على أجزائها) توضح فيها :
(a) عملية شحن المتسعة . (b) عملية تفريغ المتسعة من شحنتها .

ج/ الرسم موجود في الملزمة .

س6/ لديك ثلاث متسعات متماثلة سعة كل منهما C ومصدر للفولطية المستمرة فرق الجهد بين قطبيه ثابت المقدار . ارسم مخططا لدائرة كهربائية تبين فيه الطريقة المناسبة لربط المتسعات الثلاث جميعها في الدائرة للحصول على اكبر مقدار للطاقة الكهربائية يمكن اختزانه في المجموعة ، ثم اثبت ان الترتيب الذي تختاره هو الأفضل .

ج/ نربط المتسعات على التوازي مع بعضها بين قطبي البطارية للحصول على سعة مكافئة كبيرة المقدار




$$C_{eq} = C + C + C = 3C$$

$$PE = \frac{1}{2} C.(\Delta V)^2 \quad \Rightarrow \quad PE \alpha C$$

$$\therefore \frac{PE_T}{PE} = \frac{C_{eq}}{C} \quad \Rightarrow \quad \frac{PE_T}{PE} = \frac{3C}{C}$$

$$\frac{PE_T}{PE} = 3 \quad \Rightarrow \quad PE_T = 3PE$$

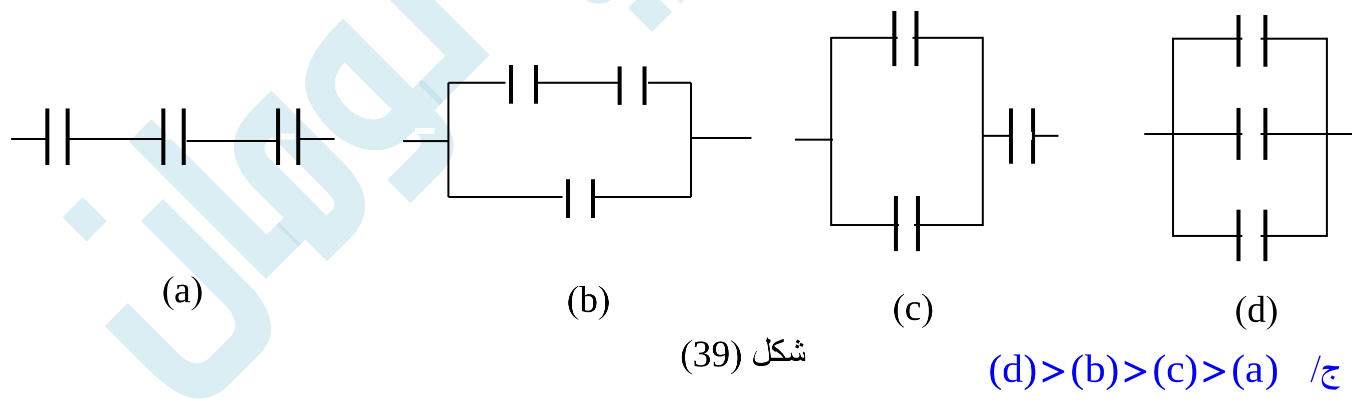
أي ان الطاقة المختزنة بين صفيحتي المتسعة المكافئة للمجموعة تصبح ثلاثة امثال الطاقة المختزنة للمتسعة الواحدة.



س7/ هل المتسعات المؤلفة للمتسعة متغيرة السعة ذات الصفائح الدوارة الموضحة في الشكل تكون مربوطة مع بعضها على التوالي ؟ ام على التوازي ؟ وضح ذلك .

ج/ على التوازي . اذ تتالف من مجموعتين من الصفائح احداهما ثابتة والاخرى يمكن تدويرها حول محور وعندما يراد شحن المتسعة تربط مجموعة الصفائح الثابتة باحد قطبي البطارية ومجموعة الصفائح الدوارة تربط بالقطب الاخر فتكون احدى المجموعتين بجهد موجب والمجموعة الاخرى بجهد سالب وهذه ميزة الربط على التوازي.

س8/ في الشكل (39) المتسعات الثلاث متماثلة ، رتب الأشكال الأربعة بالتسلسل من اكبر مقدار للسعة المكافئة للمجموعة إلى اصغر مقدار :




شكل (39)

ج/ (d)>(b)>(c)>(a)

**س9/**

a- اذكر ثلاث تطبيقات عملية للمتسعة ، ووضح الفائدة العملية من استعمال تلك المتسعة في كل تطبيق .

ج/ 1- المتسعة الموضوعة في منظومة المصباح الومضي في آلة التصوير : تجهز المصباح بطاقة تكفي لتوهجه بصورة مفاجئة بضوء ساطع في أثناء تفريغ المتسعة

2- المتسعة الموضوعة في اللاقطة الصوتية : تعمل على تحويل الذبذبات الميكانيكية إلى ذبذبات كهربائية وبالتردد نفسه .

3- المتسعة الموضوعة في جهاز تحفيز وتنظيم حركة عضلات القلب : تحفز قلب المريض وتعيد انتظام عمله.

b- اذكر فائدتين عمليتين تتحققان من إدخال مادة عازلة كهربائيا تملأ الحيز بين صفيحتي متسعة ذات الصفيحتين المتوازيتين بدلا من الفراغ ؟
ج/ 1- زيادة سعة المتسعة وفقا للعلاقة : $C_k = k\,C$ .
2- منع الانهيار الكهربائي المبكر للعازل بين صفيحتيها عند تسليط فرق جهد كبير بين صفيحتيها.
c- ما العامل الذي يتغير في المتسعة الموضوعة في لوحة المفاتيح في جهاز الحاسوب أثناء استعمالها ؟
ج/ البعد بين الصفيحتين (يقل البعد عند الضغط على المفتاح) فتزداد سعتها وهذا يجعل الدوائر الالكترونية الخارجية تتعرف على المفتاح الذي تم الضغط عليه .
d- ما مصدر الطاقة الكهربائية المجهزة للجهاز الطبي (The defibrillator) المستعمل لتوليد الصدمة الكهربائية لغرض تحفيز وإعادة انتظام عمل قلب المريض .
ج/ الطاقة المختزنة في المجال الكهربائي بين صفيحتي المتسعة الموضوعة في الجهاز.
e- ما التفسير الفيزيائي لكل من :
1- ازدياد مقدار السعة المكافئة لمجموعة المتسعات المربوطة على التوازي ؟
ج/ وذلك بسبب زيادة المساحة السطحية المتقابلة لصفيحتي المتسعة المكافئة للمجموعة المتوازية ( $C \alpha A$ ) بثبوت البعد بين الصفيحتين ونوع العازل .
2- نقصان مقدار السعة المكافئة لمجموعة المتسعات المربوطة على التوالي ؟
ج/ وذلك بسبب زيادة البعد بين صفيحتي المتسعة المكافئة للمجموعة المتوالية ( $C \alpha \frac{1}{d}$ ) بثبوت المساحة السطحية المتقابلة ونوع العازل .

س10/ علل ما يلي :
a- المتسعة الموضوعة في دائرة التيار المستمر تعد مفتاحا مفتوحا ؟
ج/ لأنه بعد اكتمال شحن المتسعة يتساوى فرق الجهد بين صفيحتيها مع فرق جهد البطارية ( $\Delta V_c = \Delta V_{battery}$ ) وهذا يجعل فرق الجهد على طرفي المقاومة في الدائرة يساوي صفر وعند ذلك يكون تيار الدائرة يساوي صفر.
b- يقل مقدار المجال الكهربائي بين صفيحتي المتسعة عند إدخال مادة عازلة بين صفيحتيها ؟
ج/ وذلك بسبب تولد مجال كهربائي داخل العازل ( $E_d$ ) معاكس للمجال الأصلي بين صفيحتي المتسعة (E) فيكون المجال المحصل ( $E_K = E - E_d$ ) لذلك يقل بنسبة ثابت العزل للمادة ( $E_k = \frac{E}{k}$ ) .
c- يحدد مقدار أقصى فرق جهد كهربائي يمكن أن تعمل عنده المتسعة ؟
ج/ لمنع الانهيار الكهربائي المبكر للعازل بين الصفيحتين نتيجة لعبور الشرارة الكهربائية خلاله فتتفرغ المتسعة من جميع شحنتها وهذا يعني تلف المتسعة .
d- متسعة ذات الصفيحتين المتوازيتين مشحونة ومفصولة عن البطارية ، لو ملأ الحيز بين صفيحتيها بالماء النقي بدلا من الهواء . فان مقدار فرق الجهد الكهربائي بين صفيحتيها سينخفض . ما تعليل ذلك ؟
ج/ بما ان المتسعة مفصولة عن المصدر فان ادخال العازل يسبب نقصان مقدار المجال الكهربائي بين الصفيحتين بنسبة ثابت العزل (k) فيقل فرق الجهد بنسبة ثابت العزل (k) ايضا لان

$$E_k = \frac{E}{k}$$

$$\because \quad \Delta V \propto E \qquad (d = \text{constant}) \quad \Rightarrow \quad \Delta V_k = \frac{\Delta V}{k}$$

س11/ متسعة ذات الصفيحتين المتوازيتين الهواء عازلا بين صفيحتيها ، شحنت بوساطة بطارية ثم فصلت عنها ، وعندما ادخل لوح عازل كهربائي ثابت عزله (K=2) بين صفيحتيها ، ماذا يحصل لكل من الكميات الآتية للمتسعة (مع ذكر السبب) :

a- الشحنة المختزنة في أي من صفيحتيها .
b- سعتها .
c- فرق الجهد بين صفيحتيها .
d- المجال الكهربائي بين صفيحتيها .
e- الطاقة المختزنة في المجال الكهربائي بين صفيحتيها .

ج/ a- الشحنة تبقى ثابتة لان المتسعة مفصولة عن البطارية .

b- السعة تصبح ضعف ما كانت عليه لان $C_K=KC=2C$ .

c- فرق الجهد بين صفيحتيها يقل إلى نصف ما كان عليه لان $\Delta V_K = \frac{\Delta V}{k} = \frac{1}{2}\Delta V$

d- يقل المجال الكهربائي إلى نصف ماكان عليه على وفق العلاقة : $E_K = \frac{E}{k} = \frac{1}{2}E$ .

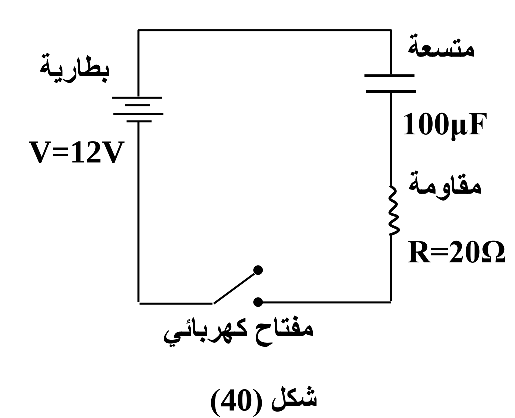
e- تقل الطاقة المختزنة إلى نصف ماكانت عليه على وفق العلاقة : $PE = \frac{1}{2}\Delta V.Q$

$$\frac{PE_k}{PE} = \frac{\frac{1}{2}Q.\Delta V_k}{\frac{1}{2}Q\Delta V} = \frac{\frac{1}{2}\Delta V}{\Delta V} = \frac{1}{2} \quad \Rightarrow \quad PE_k = \frac{1}{2}PE$$

سعيد محي تومان

# مسائل الفصل الاول

**س1/** من المعلومات الموضحة في الدائرة الكهربائية في الشكل (40) احسب :
(a) المقدار الأعظم لتيار الشحن لحظة إغلاق المفتاح .
(b) مقدار فرق الجهد بين صفيحتي المتسعة بعد مدة من إغلاق المفتاح (بعد اكتمال عملية الشحن) .
(c) الشحنة المختزنة في أي من صفيحتي المتسعة .
(d) الطاقة المختزنة في المجال الكهربائي بين صفيحتي المتسعة .



شكل (40)

الحل

$$(a)\ I=\frac{V}{R}=\frac{12}{20}=0.6A$$

$$(b)\ \Delta V_C=12V$$

$$(c)\ Q=C.\Delta V=100\times 12=1200\mu C$$

$$(d)\ PE=\frac{1}{2}\Delta V.Q=\frac{1}{2}\times 12\times 1200\times 10^{-6}$$

$$=72\times 10^{-4}J$$

**س2/** متسعة ذات الصفيحتين المتوازيتين سعتها (4μF) ربطت بين قطبي بطارية فرق الجهد بين قطبيها (20V)
1- ما مقدار الشحنة المختزنة في أي من صفيحتي المتسعة .
2- اذا فصلت المتسعة عن البطارية وادخل لوح عازل كهربائي بين صفيحتيها هبط فرق الجهد بين صفيحتيها إلى (10V) فما مقدار ثابت العزل للوح العازل ؟ وما مقدار سعة المتسعة في حالة العازل بين صفيحتيها ؟

الحل

$$1-\ Q=C.\Delta V=4\times 20=80\mu C$$

$$k=\frac{\Delta V}{\Delta V_k}=\frac{20}{10}=2 \quad , \quad C_k=kC=2\times 4=8\mu F$$

**س3/** متسعتان $(C_1=9\mu F, C_2=18\mu F)$ من ذوات الصفائح المتوازية مربوطتان مع بعضهما على التوالي وربطت مجموعتها مع نضيدة فرق الجهد الكهربائي بين قطبيها (12V) .
a- احسب مقدار فرق الجهد بين صفيحتي كل متسعة والطاقة المختزنة فيها .
b- ادخل لوح عازل كهربائي ثابت عزله (4) بين صفيحتي المتسعة $C_1$ (مع بقاء البطارية مربوطة بين طرفي المجموعة) ، فما مقدار فرق الجهد بين صفيحتي كل متسعة والطاقة المختزنة في المجال الكهربائي بين صفيحتيها بعد إدخال العازل .

الحل

$$a-\ \frac{1}{C_{eq}}=\frac{1}{C_1}+\frac{1}{C_2}=\frac{1}{9}+\frac{1}{18}=\frac{2+1}{18}=\frac{3}{18}=\frac{1}{6} \Rightarrow C_{eq}=6\mu F$$

$$Q=C_{eq}.\Delta V_T=6\times 12=72\mu C$$

$$\Delta V_1=\frac{Q}{C_1}=\frac{72}{9}=8V \quad , \quad \Delta V_2=\frac{Q}{C_2}=\frac{72}{18}=4V$$

$$PE_1 = \frac{1}{2}\Delta V_1.Q = \frac{1}{2}\times 8\times 72\times 10^{-6} = 288\times 10^{-6}J$$

$$PE_2 = \frac{1}{2}\Delta V_2.Q = \frac{1}{2}\times 4\times 72\times 10^{-6} = 144\times 10^{-6}J$$

$$b-\quad C_{1k} = kC_1 = 4\times 9 = 36\mu F$$

$$\frac{1}{C_{eqk}} = \frac{1}{C_{1k}} + \frac{1}{C_2} = \frac{1}{36} + \frac{1}{18} = \frac{1+2}{36} = \frac{3}{36} = \frac{1}{12} \quad \Rightarrow \quad C_{eqk} = 12\mu F$$

$$\Delta V_{Tk} = \Delta V_T = 12V$$

$$Q = C_{eqk}.\Delta V_{Tk} = 12\times 12 = 144\mu C$$

$$\Delta V_{1k} = \frac{Q}{C_{1k}} = \frac{144}{36} = 4V \quad , \quad \Delta V_2 = \frac{Q}{C_2} = \frac{144}{18} = 8V$$

$$PE_{1k} = \frac{1}{2}\Delta V_{1k}.Q = \frac{1}{2}\times 4\times 144\times 10^{-6} = 288\times 10^{-6}J$$

$$PE_2 = \frac{1}{2}\Delta V_2.Q = \frac{1}{2}\times 8\times 144\times 10^{-6} = 576\times 10^{-6}J$$

**س4/** متسعتان من ذوات الصفيحتين المتوازيتين $(C_1=16\mu F,\ \ C_2=24\mu F)$ مربوطتان مع بعضهما على التوازي ومجموعتهما ربطت بين قطبي بطارية فرق الجهد بين قطبيها $(48V)$ . إذا ادخل لوح من مادة عازلة ثابت عزلها $(K)$ بين صفيحتي المتسعة الأولى وما زالت المجموعة متصلة بالبطارية فكانت الشحنة الكلية للمجموعة $(3456\mu C)$ ما مقدار :

a- ثابت العزل $(K)$ .

b- الشحنة المختزنة في أي من صفيحتي كل متسعة قبل وبعد إدخال المادة العازلة .

الحل

$$\Delta V_{Tk} = \Delta V_T = 48V \ , \ C_{eqk} = \frac{Q_{TK}}{\Delta V} = \frac{3456}{48} = 72\mu C$$

$$C_{eqk} = C_{1k} + C_2 \quad \Rightarrow \quad C_{1k} = C_{eqk} - C_2 = 72 - 24 = 48\mu C$$

$$k = \frac{C_{1k}}{C_1} = \frac{48}{16} = 3$$

$$Q_1 = C_1.\Delta V = 16\times 48 = 768\mu C \quad , \quad Q_2 = C_2.\Delta V = 24\times 48 = 1152\mu C$$

$$Q_{1k} = C_{1k}.\Delta V = 48\times 48 = 2304\mu C \quad , \quad Q_2 = C_2.\Delta V = 24\times 48 = 1152\mu C$$

**س5/** متسعتان $(C_1=4\mu F,\ C_2=8\mu F)$ مربوطتان مع بعضهما على التوازي ، فإذا شحنت مجموعتهما بشحنة كلية $(600\mu C)$ بوساطة مصدر للفولطية المستمرة ثم فصلت عنه .

a- احسب لكل متسعة مقدار الشحنة المختزنة في أي من صفيحتيها والطاقة المختزنة في المجال الكهربائي بين صفيحتيها .

b- ادخل لوح من مادة عازلة كهربائيا ثابت عزلها (2) بين صفيحتي المتسعة الثانية ، فما مقدار الشحنة المختزنة في أي من صفيحتي كل متسعة وفرق الجهد والطاقة المختزنة في المجال الكهربائي بين صفيحتي كل متسعة بعد إدخال العازل .

الحل

$$C_{eq} = C_1 + C_2 = 4 + 8 = 12\mu F \quad , \quad \Delta V = \frac{Q_T}{C_{eq}} = \frac{600}{12} = 50V$$

$$Q_1 = C_1.\Delta V = 4 \times 50 = 200\mu C \quad , \quad Q_2 = C_2.\Delta V = 8 \times 50 = 400\mu C$$

$$PE_1 = \frac{1}{2}\Delta V.Q_1 = \frac{1}{2} \times 50 \times 200 \times 10^{-6} = 5 \times 10^{-3} J$$

$$PE_2 = \frac{1}{2}\Delta V.Q_2 = \frac{1}{2} \times 50 \times 400 = 10^{-2} J$$

$$b- \quad C_{2k} = kC_2 = 2 \times 8 = 16\mu F \quad , \quad C_{eqk} = C_1 + C_{2k} = 4 + 16 = 20\mu F$$

$$Q_{Tk} = Q_T = 600\mu C \quad , \quad \Delta V = \frac{Q_{Tk}}{C_{eqk}} = \frac{600}{20} = 30V = \Delta V_1 = \Delta V_2$$

$$Q_1 = C_1.\Delta V = 4 \times 30 = 120\mu C \quad , \quad Q_{2k} = C_{2k}.\Delta V = 16 \times 30 = 480\mu C$$

$$PE_1 = \frac{1}{2}\Delta V.Q_1 = \frac{1}{2} \times 30 \times 120 \times 10^{-6} = 18 \times 10^{-4} J$$

$$PE_{2k} = \frac{1}{2}\Delta V.Q_{2k} = \frac{1}{2} \times 30 \times 480 \times 10^{-6} = 72 \times 10^{-4} J$$

**س6/** لديك ثلاث متسعات سعاتها $(C_1=6\mu F \ , \ C_2=9\mu F \ , \ C_3=18\mu F)$ ومصدرا للفولطية المستمرة فرق الجهد بين قطبيه (6V) . وضح مع رسم مخطط للدائرة الكهربائية ، كيفية ربط المتسعات الثلاث مع بعضها للحصول على :

a- اكبر مقدار للسعة المكافئة ، وما مقدار الشحنة المختزنة في أي من صفيحتي كل متسعة ومقدار الشحنة المختزنة في المجموعة .

b- اصغر مقدار للسعة المكافئة ، وما مقدار الشحنة المختزنة في أي من صفيحتي كل متسعة ومقدار الشحنة المختزنة في المجموعة .

الحل

اكبر مقدار للسعة المكافئة عند ربط المتسعات على التوازي لذلك :

a – توازي

$$C_{eq} = C_1 + C_2 + C_3 = 6 + 9 + 18 = 33\mu F$$

$$Q_1 = C_1.\Delta V = 6 \times 6 = 36\mu C \ , \ Q_2 = C_2.\Delta V = 9 \times 6 = 54\mu C \ , \ Q_3 = C_3.\Delta V_3 = 18 \times 6 = 108\mu C$$

$$Q_T = Q_1 + Q_2 + Q_3 = 36 + 54 + 108 = 198\mu C$$

b – توالي

$$\frac{1}{C_{eq}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} = \frac{1}{6} + \frac{1}{9} + \frac{1}{18} = \frac{3+2+1}{18} = \frac{6}{18} = \frac{1}{3} \quad \Rightarrow \quad C_{eq} = 3\mu F$$

$$Q_T = C_{eq}.\Delta V_T = 3 \times 6 = 18\mu C = Q_1 = Q_2 = Q_3$$

## حلول فكر (الفصل الأول : المتسعات)

### فكر/ ص 17

يقول صديقك ان المتسعة المشحونة تختزن شحنة مقدارها كذا ، وانت تقول ان المتسعة المشحونة تكون شحنتها الكلية تساوي صفر ، ومدرسك يقول ان كلا منكما قوله صحيح ! وضح ذلك ؟

**الجواب /**

ان شحنة المتسعة تعني شحنة واحدة من صفيحتيها اما شحنة الصفيحة الموجبة او شحنة الصفيحة السالبة . اما الشحنة الكلية للمتسعة فتعني شحنة الصفيحتين الموجبة والسالبة لذلك فان الشحنة الكلية تساوي صفر حيث :

$$Q_T = +Q + (-Q) = 0$$

### فكر/ ص 22

ما طريقة ربط مجموعة من المتسعات ؟

a) لكي نحصل على سعة مكافئة كبيرة المقدار يمكن بوساطتها تخزين شحنة كهربائية كبيرة المقدار وبفرق جهد واطئ ، لا يمكن الحصول على ذلك باستعمال متسعة واحدة.

b) لكي يكون بالامكان وضع فرق جهد كبير عبر طرفي المجموعة قد لا تتحمله المتسعة المنفردة.

**الجواب/**

a) نربط المجموعة على التوازي فتزداد السعة المكافئة للمجموعة (Ceq) وتصبح اكبر من اكبر سعة في المجموعة اما فرق الجهد الكلي (ΔVT) فيكون ثابت ويساوي فرق جهد كل متسعة من المتسعات .

$$C_{eq} = C_1 + C_2 + C_3$$

$$\Delta V_T = \Delta V_1 = \Delta V_2 = \Delta V_3$$

b) نربط المجموعة على التوالي فتقل سعتها المكافئة ($C_{eq}$) وتصبح اصغر من اصغر سعة في المجموعة اما فرق الجهد الكلي ($\Delta V_T$) فهو مجموع فروق الجهد للمتسعات المتوالية لذلك فهو اكبر من فرق الجهد على طرفي كل متسعة من المتسعات.

$$\frac{1}{C_{eq}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3}$$

$$\Delta V_T = \Delta V_1 + \Delta V_2 + \Delta V_3$$

$$\therefore \quad \Delta V_T > \Delta V_1 \quad , \quad \Delta V_T > \Delta V_2 \quad , \quad \Delta V_T > \Delta V_3$$

### فكر/ ص 31

المتسعة الموضوعة في دائرة التيار المستمر تعد كمفتاح مفتوح .

**الجواب/**

لانه بعد اكتمال شحن المتسعة يتساوى فرق الجهد بين قطبيها مع فرق جهد المصدر الشاحن فينعدم فرق الجهد على طرفي المقاومة في الدائرة مما يجعل تيار الدائرة يساوي صفر.

# الواجبات

**مثال 1/** متسعة ذات الصفيحتين المتوازيتين البعد بين صفيحتيها (3mm) ، ربطت الى بطارية فرق الجهد بين قطبيها (12V) فكانت الشحنة المختزنة في اي من صفيحتيها (600μC) احسب :
1- مقدار سعتها . 2- المجال الكهربائي بين صفيحتيها 3- الطاقة المختزنة في المجال الكهربائي بين الصفيحتين
ج/ ($50\mu F$ , $4000 V/m$ , $36\times10^{-4} J$)

**مثال 2/** اذا كان المجال الكهربائي بين صفيحتي متسعة مشحونة يساوي (5000V/m) والبعد بين الصفيحتين (0.4cm) احسب سعة المتسعة والطاقة المختزنة في المجال الكهربائي بين صفيحتيها اذا علمت ان مقدار الشحنة المختزنة في أي من صفيحتيها (400μC)؟ ج/ ($20\mu F, 4\times10^{-3} J$) .

**مثال 3/** متسعة ذات الصفيحتين المتوازيتين مقدار سعتها (C) ربطت الى بطارية فرق الجهد بين قطبيها (25V) ثم ادخل لوح من مادة عازلة كهربائي ثابت عزلها (k) بين صفيحتيها والمتسعة مازالت متصلة بالبطارية فكانت الزيادة في سعتها (16μF) والشحنة المختزنة في اي من صفيحتيها (600μC) جد ثابت العزل الكهربائي (k) والطاقة المختزنة في المجال الكهربائي بين صفيحتيها بعد ادخال العازل. ج/ ($3$ , $75\times10^{-4} J$)

**مثال 4/** دائرة متوالية الربط تتالف من مقاومة مقدارها (200Ω) ومتسعة سعتها (50μF) وبطارية فرق الجهد بين قطبيها (20V) ومفتاح لفتح وغلق الدائرة احسب :
1- المقدار الاعظم لتيار الشحن لحظة غلق المفتاح.
2- فرق الجهد بين صفيحتي المتسعة بعد مدة من اغلاق المفتاح (بعد اكتمال عملية الشحن).
3- الشحنة المختزنة في أي من صفيحتي المتسعة.
4- المجال الكهربائي بين صفيحتي المتسعة اذا علمت ان البعد بين الصفيحتين (0.2cm) .
5- الطاقة المختزنة في المجال الكهربائي بين صفيحتي المتسعة.
ج/ ($0.1A$ , $20V$ , $1000\mu C$ , $10000 V/m$ , $0.01J$)

**مثال 5/** دائرة كهربائية متوالية الربط تحتوي مصباح كهربائي مقاومته ($r=5\Omega$) ومقاومة مقدارها ($R=10\Omega$) وبطارية مقدار فرق الجهد بين قطبيها ($\Delta V=12V$) ، ربطت في الدائرة متسعة ذات الصفيحتين المتوازيتين سعتها (3μF) ، ما مقدار الشحنة المختزنة في اي من صفيحتي المتسعة والطاقة المختزنة في مجالها الكهربائي لو ربطت المتسعة :
(1) على التوازي مع المصباح.
(2) على التوالي مع المصباح والمقاومة والبطارية في الدائرة نفسها (بعد فصل المتسعة عن الدائرة الاولى وافراغها من شحنتها) .
ج/ ($12\mu C$ , $24\times10^{-6} J$ , $36\mu C$ , $216\times10^{-6} J$)

**مثال 6/** دائرة كهربائية متوالية الربط تحتوي مصباح كهربائي مقاومته ($r=5\Omega$) ومقاومة مقدارها ($R=10\Omega$) وبطارية مقدار فرق الجهد بين قطبيها ($\Delta V=12V$) ، ربطت في الدائرة متسعة ذات الصفيحتين المتوازيتين على التوازي مع المصباح فكانت الشحنة المختزنة في أي من صفيحتيها (100μC) فاذا ادخل لوح من مادة عازلة ثابت عزلها (k) بين صفيحتيها ازدادت سعتها بمقدار (50μF) احسب ثابت العزل الكهربائي (k). ج/ (3) .

**مثال 7/** متسعتان ($C_1=3\mu F, C_2=5\mu F$) موصلتان مع بعضهما على التوازي وصلتا الى بطارية فرق الجهد بين قطبيها (12V) احسب :
1- السعة المكافئة للمجموعة 2- الشحنة المختزنة في أي من صفيحتي كل متسعة والشحنة الكلية.
ج/ ($8\mu F$, $36\mu C$ , $60\mu C$ , $96\mu C$)

**مثال/8** متسعتان $(C_1=12\mu F, C_2=6\mu F)$ مربوطتان على التوالي وصلتا إلى بطارية وشحنت مجموعتهما بشحنة كلية مقدارها $(60\mu C)$ احسب :
1- السعة المكافئة للمجموعة. 2- فرق الجهد بين صفيحتي كل متسعة وفرق الجهد الكلي.
3- الطاقة المختزنة في كل متسعة والطاقة الكلية.
ج/ $(4\mu F , 5V , 10V , 15V , 150\times10^{-6}J , 300\times10^{-6}J , 450\times10^{-6}J)$

**مثال/9** متسعتان من ذوات الصفيحتين المتوازيتين $(C_1=26\mu F, C_2=18\mu F)$ مربوطتان على التوازي ومجموعتهما ربطت بين قطبي بطارية فرق الجهد بين قطبيها $(50V)$ اذا ادخل لوح من مادة عازلة ثابت عزلها $(k)$ بين صفيحتي المتسعة الاولى ومازالت المجموعة متصلة بالبطارية فكانت الشحنة الكلية للمجموعة $(3500\mu C)$ ما مقدار ؟
1- ثابت العزل $(k)$. ج/ $(2 , 2600\mu C , 900\mu C)$
2- الشحنة المختزنة في أي من صفيحتي كل متسعة بعد ادخال المادة العازلة

**مثال/10** متسعتان من ذوات الصفيحتين المتوازيتين $(C_1=3\mu F \ , \ C_2=4\mu F)$ موصولتان مع بعضهما على التوازي ثم وصلتا الى بطارية وادخل لوح من مادة عازلة كهربائيا ثابت عزلها $(k=2)$ بين صفيحتي المتسعة الاولى فكانت الشحنة المختزنة في المجموعة $(200\mu C)$ احسب لكل متسعة الشحنة المختزنة في اي من صفيحتيها والطاقة المختزنة في المجال الكهربائي بين صفيحتيها :
(1) بعد العازل. (2) قبل العازل .
ج/ $(120\mu C , 80\mu C , 12\times10^{-4}J , 8\times10^{-4}J , 60\mu C , 80\mu C , 6\times10^{-4}J , 8\times10^{-4}J)$

**مثال/11** المتسعتان $(C_1=4\mu F, C_2=8\mu F)$ موصولتان على التوازي فاذا شحنت مجموعتهما بشحنة كلية مقدارها $(600\mu C)$ بوساطة مصدر للفولطية المستمرة ثم فصلت عنه احسب :
1- الشحنة المختزنة على أي من صفيحتي كل متسعة.
2- ادخل لوح من مادة عازلة ثابت عزلها $(k)$ بين صفيحتي المتسعة الثانية فاصبحت شحنتها $(480\mu C)$ فما مقدار ثابت العزل $(k)$. ج/ $(200\mu C , 400\mu C , 2)$

**مثال/12** متسعتان من ذوات الصفائح المتوازية $(C_1=4\mu F, C_2=6\mu F)$ مربوطتان مع بعضهما على التوازي ومجموعتهما ربطت بين قطبي بطارية فكانت الطاقة المختزنة في المتسعة الاولى $(72\times10^{-6}J)$ فاذا فصلت المجموعة عن البطارية وادخل لوح من مادة عازلة كهربائيا ثابت عزلها $(k)$ بين صفيحتي المتسعة الاولى انخفض فرق الجهد الكلي الى $(2V)$ فما مقدار ثابت العزل $(k)$ والشحنة المختزنة في اي من صفيحتي كل متسعة بعد ادخال العازل؟ ج/ $(6 , 48\mu C , 12\mu C)$

**مثال/13** المتسعتان $(C_1 \ , \ C_2=20\mu F)$ موصولتان مع بعضهما على التوازي ، شحنت مجموعتهما بوساطة بطارية ثم فصلت عنها وادخل لوح من مادة عازلة كهربائيا ثابت عزلها $(k=3)$ بين صفيحتي المتسعة الاولى فكانت الشحنة المختزنة في اي من صفيحتيها $(900\mu C)$ والشحنة المختزنة في المجموعة $(1500\mu C)$ احسب :
1- سعة المتسعة الاولى $(C_1)$ قبل ادخال العازل. 2- الشحنة المختزنة في اي من صفيحتي كل متسعة قبل العازل.
ج/ $(10\mu F , 500\mu C , 1000\mu C)$

**مثال/14** متسعتان من ذوات الصفيحتين المتوازيتين $(C_1=4\mu F, C_2)$ مربوطتان مع بعضهما على التوازي ، شحنت مجموعتهما بوساطة مصدر للفولطية المستمرة ثم فصلت عنه فكانت الطاقة المختزنة في المجال الكهربائي بين صفيحتي المتسعة الاولى $(8\times10^{-4}J)$ والشحنة المختزنة في اي من صفيحتي المتسعة الثانية $(120\mu C)$ فاذا ادخل لوح من مادة عازلة كهربائيا ثابت عزلها $(k)$ بين صفيحتي المتسعة الثانية فانخفض فرق جهد المجموعة بمقدار $(15V)$ احسب ثابت العزل الكهربائي $(k)$ والشحنة المختزنة في اي من صفيحتي كل متسعة بعد ادخال العازل. ج/ $(6 , 20\mu C , 180\mu C)$

**مثال/15** المتسعتان $(C_1,C_2=12\mu F)$ موصولتان مع بعضهما على التوازي ، وصلتا الى بطارية وادخل لوح من مادة عازلة ثابت عزلها $(k=2)$ بين صفيحتي المتسعة الاولى فكانت الشحنة المختزنة في المجموعة $(900\mu C)$ والشحنة المختزنة في اي من صفيحتي المتسعة الاولى $(300\mu C)$ جد :
1- سعة المتسعة $(C_1)$ قبل ادخال العازل 2- الشحنة المختزنة في اي من صفيحتي كل متسعة قبل ادخال العازل .
ج/ $(3\mu F , 150\mu C , 600\mu C)$

**مثال/16** المتسعتان $(C_1 , C_2=6\mu F)$ موصولتان مع بعضهما على التوازي شحنت مجموعتهما بشحنة كلية $(120\mu C)$ بوساطة بطارية ثم فصلت عنها فكانت الشحنة المختزنة في اي من صفيحتي المتسعة الاولى $(48\mu C)$ فاذا ادخل لوح من مادة عازلة ثابت عزلها $(k)$ بين صفيحتي المتسعة الاولى كان فرق الجهد على طرفي المجموعة $(4V)$ احسب ثابت العزل $(k)$ وما الشحنة المختزنة في اي من صفيحتي كل متسعة والطاقة المختزنة فيها بعد ادخال العازل؟

ج/ $(6 , 96\mu C , 24\mu C , 192\times10^{-6}J , 48\times10^{-6}J)$

**مثال/17** المتسعتان $(C_1=9\mu F,C_2=18\mu F)$ مربوطتان مع بعضهما على التوالي وربطت مجموعتهما الى بطارية فرق الجهد بين قطبيها $(12V)$ احسب :
1- احسب فرق الجهد بين صفيحتي كل متسعة والطاقة المختزنة فيها.
2- فاذا فصلت المتسعتان عن البطارية وادخل لوح عازل ثابت عزله $(k=4)$ بين صفيحتي المتسعة الثانية فما فرق الجهد على طرفي كل متسعة ؟
ج/ $(8V , 4V, 288\times10^{-6}J , 144\times10^{-6}J , 8V , 1V)$

**مثال/18** المتسعتان $(C_1=20\mu F,C_2=30\mu F)$ مربوطتان مع بعضهما على التوالي وربطت مجموعتهما الى بطارية فرق الجهد بين قطبيها $(30V)$ احسب :
1- احسب فرق الجهد بين صفيحتي كل متسعة والطاقة المختزنة فيها.
2- اذا ادخل لوح من مادة عازلة ثابت عزلها $(k=3)$ بين صفيحتي المتسعة الاولى والمجموعة مازالت متصلة بالبطارية فما فرق الجهد على طرفي كل متسعة بعد العازل؟
ج/ $(18V , 12V , 324\times10^{-5}J , 216\times10^{-5}J , 10V , 20V)$

**مثال/19** متسعتان من ذوات الصفيحتين المتوازيتين $(C_1=6\mu F,C_2=12\mu F)$ مربوطتان مع بعضهما على التوالي . ربطت مجموعتهما بين قطبي بطارية فكانت الشحنة المختزنة في المجموعة $(60\mu C)$ فاذا ادخل لوح من مادة عازلة كهربائيا ثابت عزلها $(k)$ بين صفيحتي المتسعة الاولى (والمجموعة مازالت متصلة بالبطارية) كان فرق الجهد بين صفيحتيها $(5V)$ جد ثابت العزل الكهربائي $(k)$ والطاقة المختزنة في اي من صفيحتي كل متسعة بعد العازل .

ج/ $(4 , 3\times10^{-4}J , 6\times10^{-4}J)$

**مثال/20** ربطت المتسعتان $(C_1=3\mu F , C_2=6\mu F)$ على التوالي ثم ربطتا الى بطارية ، فاذا ادخل لوح من مادة عازلة كهربائيا ثابت عزلها $(k)$ بين صفيحتي المتسعة الاولى اصبح فرق الجهد بين صفيحتيها $(8V)$ وفرق الجهد بين صفيحتي المتسعة الثانية $(16V)$ جد ثابت العزل الكهربائي $(k)$ وفرق الجهد بين صفيحتي كل متسعة قبل ادخال العازل .

ج/ $(4 , 16V , 8V)$

**مثال/21** متسعتان من ذوات الصفيحتين المتوازيتين ($C_1$=9μF , $C_2$=18μF) مربوطتان مع بعضهما على التوالي ومجموعتهما ربطت بين قطبي بطارية فرق الجهد بين قطبيها (6V) ، ادخل لوح من مادة عازلة كهربائيا بين صفيحتي كل منهما ثابت عزله (2) والمجموعة مازالت متصلة بالبطارية فما مقدر فرق جهد كل متسعة :

1- قبل العازل 2- بعد العازل. ج/ (4V , 2V , 4V , 2V)

**مثال/22** متسعتان من ذوات الصفيحتين المتوازيتين ($C_1$=4μF,$C_2$=12μF) مربوطتان مع بعضهما على التوالي ، ربطت مجموعتهما الى بطارية فاذا ادخل لوح من مادة عازلة كهربائيا ثابت عزلها (k=6) بين صفيحتي المتسعة الاولى (والمجموعة مازالت متصلة بالبطارية) كانت الشحنة المختزنة في المجموعة (96μC) . احسب :

1- فرق الجهد بين صفيحتي كل متسعة بعد ادخال العازل.

2- المجال الكهربائي بين صفيحتي كل متسعة قبل ادخال العازل اذا كان البعد بين صفيحتي كل منهما (3mm)

ج/ (4V , 8V , 3000V/m , 1000V/m)

**مثال/23** ربطت متسعة سعتها ($C_1$=9μF) والبعد بين صفيحتيها (0.2cm) على التوالي مع المتسعة ($C_2$=18μF) وربطت المجموعة الى بطارية فكان المجال الكهربائي بين صفيحتي المتسعة الاولى ($4\times10^3$V/m) فاذا ادخل لوح من مادة عازلة ثابت عزلها (k=4) بين صفيحتيها (والمجموعة مازالت متصلة بالبطارية) فما مقدار فرق الجهد بين صفيحتي كل متسعة بعد ادخال العازل .

ج/ (4V , 8V)

**مثال/24** المتسعتان ($C_1$ , $C_2$=30μF) مربوطتان مع بعضهما على التوالي ثم وصلتا الى بطارية فرق الجهد بين قطبيها (30V) فكان فرق الجهد بين صفيحتي المتسعة الاولى (18V) فاذا ادخل لوح من مادة عازلة ثابت عزلها (k) بين صفيحتي المتسعة الاولى (والمجموعة مازالت متصلة بالبطارية) كانت الشحنة المختزنة في المجموعة (600μC) فما ثابت العزل الكهربائي (k) ؟ وما فرق الجهد بين صفيحتي كل متسعة بعد ادخال العازل؟

ج/ (3 , 10V , 20V)

**مثال/25** متسعتان من ذوات الصفيحتين المتوازيتين ($C_1$=18μF,$C_2$) موصولتان مع بعضهما على التوالي ، وصلتا الى بطارية فرق الجهد بين قطبيها (30V) فكان المجال الكهربائي بين صفيحتي المتسعة الثانية ($4\times10^3$V/m) والبعد بين صفيحتيها (0.5cm) فاذا ادخل لوح من مادة عازلة كهربائيا ثابت عزلها (k) بين صفيحتي المتسعة الثانية (والمجموعة مازالت متصلة بالبطارية) اصبحت الشحنة المختزنة في اي من صفيحتيها (360μC) جد ثابت العزل الكهربائي (k) وفرق الجهد بين صفيحتي كل متسعة بعد ادخال العازل.

ج/ (4 , 20V , 10V)

**مثال/26** متسعتان ($C_1$=1μF , $C_2$=12μF) مربوطتان مع بعضهما على التوالي ثم ربطت مجموعتهما على التوازي مع متسعة ثالثة ($C_3$=12μF) فاذا وضعت مادة عازلة ثابت عزلها (k) بين صفيحتي المتسعة الاولى وربطت المجموعة الى بطارية كانت الشحنة الكلية (300μC) وفرق الجهد بين صفيحتي المتسعة الثانية (5V) جد ثابت العزل الكهربائي (k) والطاقة المختزنة في المجال الكهربائي بين صفيحتي المتسعة الثالثة بعد العازل .

ج/ ($24\times10^{-4}$J , 4)

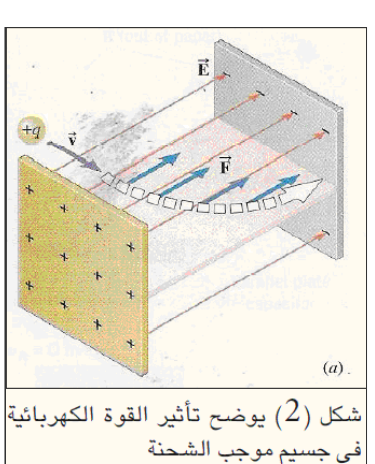
**س/ ما الفائدة العملية من المغناطيس الكهربائي؟**
**1- رفع قطع الحديد الثقيلة.**
**2- في معظم الأجهزة الكهربائية مثل (المولد ، المحرك ، مولدة الصوت ، المسجل الصوتي والصوري ، القيثارة ، الحاسوب ، الرنين المغناطيسي ، تسيير القطارات فائقة السرعة).**
**س/ أين تتولد المجالات المغناطيسية؟**
ج/ 1- تتولد حول الشحنات الكهربائية المتحركة 2- تتولد حول المغانط الدائمة.

**تأثير كل من المجالين الكهربائي والمغناطيسي في الجسيمات المشحونة المتحركة خلاله:**

## اولا : تأثير المجال الكهربائي :

ان الجسيم المشحون بشحنة موجبة $(+q)$ عندما يتحرك عموديا على مجال كهربائي سوف يتأثر بقوة كهربائية $(\vec{F}_E)$ تتجه باتجاه موازي لخطوط المجال الكهربائي $(\vec{E})$
ويعبر عن المجال الكهربائي بموجب تعريفه بالعلاقة الرياضية الاتية :

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}_E}{q} \Rightarrow \vec{F}_E = q\vec{E}$$



شكل (2) يوضح تأثير القوة الكهربائية في جسيم موجب الشحنة

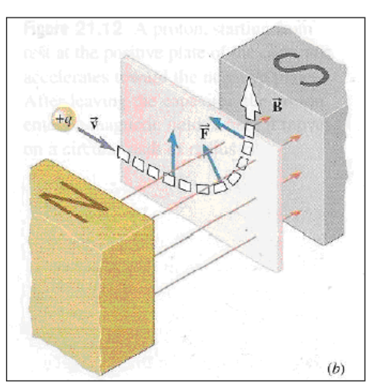
اما مقدار القوة الكهربائية فيحسب وفقا للعلاقة الرياضية التالية :

$$F_E = qE$$

وحدة القوة الكهربائية $(F_E)$ هي النيوتن (N) عندما تكون الشحنة بالكولوم (C) والمجال الكهربائي بوحدة (N/C).

## ثانيا : تأثير المجال المغناطيسي :

ان الجسيم المشحون بشحنة موجبة $(+q)$ عندما يتحرك بسرعة $(\vec{v})$ باتجاه عمودي على خطوط مجال مغناطيسي منتظم كثافة فيضه $(\vec{B})$ سوف يتاثر بقوة مغناطيسية $(\vec{F}_B)$ تتجه باتجاه عمودي على كل من متجه السرعة $(\vec{v})$ ومتجه كثافة الفيض المغناطيسي $(\vec{B})$ وسينحرف الجسيم عن مساره الأصلي متخذا مسارا دائريا لكون القوة المغناطيسية $(\vec{F}_B)$ تؤثر باتجاه عمودي على متجه السرعة $(\vec{v})$.



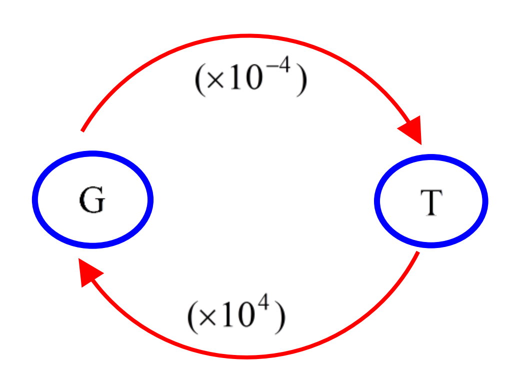
شكل (3) يوضح تأثير القوة المغناطيسية في جسيم موجب الشحنة

واتجاهيا يعبر عن القوة المغناطيسية $(\vec{F}_B)$ بالعلاقة : $\vec{F}_B = q(\vec{v} \times \vec{B})$
اما مقدار القوة المغناطيسية فيعطى بالعلاقة الآتية :

$$F_B = qvB\sin\theta$$

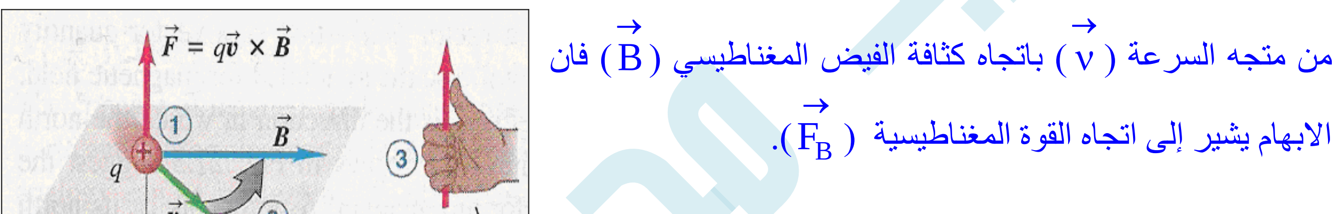
حيث :
$F_B$ : القوة المغناطيسية بوحدة (N) حيث $(\vec{F}_B \perp \vec{v}, \vec{B})$
$q$ : شحنة الجسيم بوحدة كولوم (C)

$v$ : مقدار سرعة الجسيم بوحدة (m/sec) .
B : كثافة الفيض المغناطيسي (او شدة المجال المغناطيسي) بوحدة تسلا (T) حيث ($T=wb/m^2$) وهنالك وحدة اخرى لقياس كثافة الفيض المغناطيسي وهي الكاوس (gauss) ورمزه (G) وان ($G=10^{-4}T$)
لذلك للتحويل من :




$\theta$ : الزاوية المحصورة بين متجه السرعة ( $\vec{v}$ ) ومتجه كثافة الفيض المغناطيسي ( $\vec{B}$ ) .
س/ كيف يمكن ان نحدد اتجاه القوة المغناطيسية التي يمكن ان يتاثر بها الجسيم المشحون ؟ اذكر نص القاعدة.

ج/ وذلك بتطبيق قاعدة الكف اليمنى (إذا دورت أصابع الكف اليمنى من متجه السرعة ( $\vec{v}$ ) باتجاه كثافة الفيض المغناطيسي ( $\vec{B}$ ) فان الابهام يشير إلى اتجاه القوة المغناطيسية ( $\vec{F}_B$ ).




**ملاحظات /**

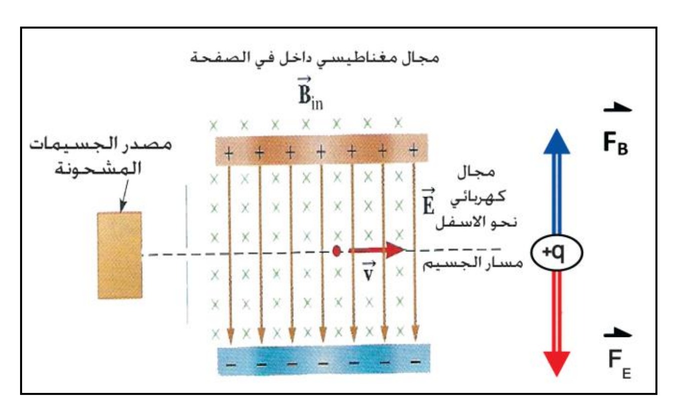
1- عندما ( $\vec{v} \perp \vec{B}$ ) فان ($\theta=90^\circ$) وان ($\sin90^\circ=1$) لذلك يتاثر الجسيم المشحون والمتحرك داخل المجال المغناطيسي باعظم قوة مغناطيسية .

2- عندما تكون ( $\vec{v} // \vec{B}$ ) فان ($\theta=0$) وان ($\sin0=0$) لذلك لا يتاثر الجسيم باية قوة مغناطيسية في هذه الحالة.

3- عندما متجه السرعة ( $\vec{v}$ ) مائل بزاوية ($\theta$) مع اتجاه كثافة الفيض المغناطيسي ( $\vec{B}$ ) سوف يتاثر بقوة مغناطيسية ($F_B$) اكبر من صفر واقل من المقدار الاعظم لها .

س/ متى تكون القوة المغناطيسية المؤثرة في جسيم مشحون اعظم ما يمكن ؟ ومتى تكون صفرا ؟ ولماذا ؟
ج/ تكون اعظم ما يمكن عندما تكون حركة الجسيم عمودية على اتجاه كثافة الفيض المغناطيسي لان ($\theta=90^\circ$) وان ($\sin90^\circ=1$) لذلك فان ($F_B = q\,v\,B$) .
تكون صفرا عندما تكون حركة الجسيم المشحون بموازاة كثافة الفيض المغناطيسي لان ($\theta=0$) وان ($\sin0=0$) لذلك فان ($F_B=0$).
س/ هل يمكن ؟ ولماذا ؟ ان لا يتاثر الجسيم المشحون باي قوة مغناطيسية عند دخوله مجالا مغناطيسيا؟
ج/ نعم يمكن ذلك عندما تكون حركة الجسيم المشحون بموازاة كثافة الفيض المغناطيسي لان ($\theta=0$) وان ($\sin0=0$) لذلك فان ($F_B=0$).

**ثالثا :** عندما يقذف جسيم مشحون بشحنة موجبة (+q) بسرعة ( $\vec{v}$ ) باتجاه عمودي على كل من المجال الكهربائي والمجال المغناطيسي المتعامدين مع بعضهما فان هذا الجسيم سيتأثر بقوتين إحداهما كهربائية ( $\vec{F}_E$ ) التي يؤثر فيها المجال الكهربائي ( $\vec{E}$ ) حيث ( $\vec{F}_E = q\vec{E}$ ) والأخرى قوة مغناطيسية ( $\vec{F}_B$ ) حيث $\vec{F}_B = q(\vec{v}\times\vec{B})$ وبما ان القوة المغناطيسية تكون عمودية على كل من ( $\vec{v}$ ) و ( $\vec{B}$ ) لذلك فهي اما ان تكون باتجاه القوة الكهربائية ( $\vec{F}_E$ ) او باتجاه معاكس لها (لاحظ الشكل).




ان محصلة القوتين الكهربائية ( $\vec{F}_E$ ) والمغناطيسية ( $\vec{F}_B$ ) تدعى قوة لورنز.

**تعطى قوة لورنز وفقا العلاقة الاتية:**

$$\vec{F}_{Lorentz} = \vec{F}_E + \vec{F}_B$$

**س/ علامَ تعتمد قوة لورنز؟**

ج/ تعتمد على محصلة القوتين الكهربائية والمغناطيسية.

**ملاحظات/**

- ان القوة المغناطيسية المؤثرة في الشحنة السالبة هي باتجاه معاكس للقوة المغناطيسية المؤثرة في الشحنة الموجبة .
- ان القوة المغناطيسية ( $\vec{F}_B$ ) هي دائما عمودية على كل من متجه السرعة ( $\vec{v}$ ) ومتجه كثافة الفيض المغناطيسي ( $\vec{B}$ ) أي ان : $\vec{F}_B \perp \vec{v},\vec{B}$ .
- تتجه خطوط المجال المغناطيسي خارج المغناطيس من القطب الشمالي (N) الى القطب الجنوبي (S) لتدخل المغناطيس من قطبه الجنوبي الى قطبه الشمالي.
- يعبر عن أي متجه عمودي على مستوي الورقة نحو الداخل (بعيد عن الناظر) بالرمز (x) اما اذا كان المتجه نحو الخارج (باتجاه الناظر) فيعبر عنه بالرمز (•) .
- ان اتجاه المجال الكهربائي ( $\vec{E}$ ) يكون من الشحنة الموجبة باتجاه الشحنة السالبة بينما خطوط المجال المغناطيسي ( $\vec{B}$ ) تتجه من القطب الشمالي (N) الى القطب الجنوبي (S) خارج المغناطيس ثم تكمل دورتها داخل المغناطيس من القطب الجنوبي الى القطب الشمالي .

س/ اذكر العلاقة الاتجاهية لكل من القوة الكهربائية والقوة المغناطيسية وقوة لورنز.

ج/

$$\vec{F}_E = q\vec{E} \quad , \quad \vec{F}_B = q(\vec{v}\times\vec{B}) \quad , \quad \vec{F}_{Lorentz} = \vec{F}_E + \vec{F}_B$$

**س/ ما شكل المسار الذي يتخذه الجسيم المشحون بشحنة موجبة عندما يتحرك عموديا على مجال مغناطيسي منتظم؟ ولماذا؟**

ج/ سوف يتخذ مسارا دائريا لان القوة المغناطيسية ( $\vec{F}_B$ ) تؤثر باتجاه عمودي على متجه السرعة ( $\vec{v}$ ).

س/ علامَ تعتمد القوة المغناطيسية المؤثرة في جسيم مشحون يتحرك داخل مجال مغناطيسي ؟

ج/ تعتمد على :

1- مقدار شحنة الجسيم (q+) 2- سرعة الجسيم المتحرك ( $v$ ) 3- كثافة الفيض المغناطيسي (B)

4- الزاوية ( $\theta$ ) المحصورة بين متجه السرعة ( $\vec{v}$ ) ومتجه كثافة الفيض المغناطيسي ( $\vec{B}$ ).

**س/ هل يتأثر الجسيم المشحون بقوة مغناطيسية ؟ ولماذا؟ لو كانت حركته**

**1- موازية لاتجاه المجال المغناطيسي 2- عمودية على اتجاه المجال المغناطيسي**

ج/1- كلا . لا يتأثر بأية قوة ($F_B=0$) لان ($\theta=0$) وان ($Sin0 =0$) حيث ($F_B=q\upsilon BSin\theta$) .

2- نعم يتأثر بأعظم قوة مغناطيسية والتي تجعل حركة الجسيم حركة دائرية لان ($\theta=90^o$) وان ($Sin90^o=1$) لذلك ($F_B=q\upsilon B$) .

**س/ كيف تنشأ قوة لورنز؟**

ج/ تنشأ قوة لورنز من قذف جسيم مشحون بشحنة موجبة (q+) يتحرك بسرعة ( $\vec{v}$ ) في آن واحد باتجاه عمودي على المجالين الكهربائي والمغناطيسي المتعامدين مع بعضهما لذلك سوف يتأثر هذا الجسيم المشحون بقوتين احداهما كهربائية ( $\vec{F}_E$ ) التي يؤثر فيها المجال الكهربائي ( $\vec{E}$ ) والأخرى قوة مغناطيسية ( $\vec{F}_B$ ) يؤثر فيها المجال المغناطيسي ( $\vec{B}$ ) وتكون القوة المغناطيسية اما باتجاه القوة الكهربائية او باتجاه معاكس لها لذلك فمحصلة هاتين القوتين تسمى قوة لورنز.

س/ ما المقصود بقوة لورنز ؟ واين تستثمر؟

ج/ هي محصلة قوتين كهربائية ( $\vec{F}_E$ ) ومغناطيسية ( $\vec{F}_B$ ) يؤثر فيها مجالين منتظمين ومتعامدين مع بعضهما احدهما مجال كهربائي ( $\vec{E}$ ) والاخر مجال مغناطيسي ( $\vec{B}$ ) على جسيم يتحرك بصورة عمودية على المجالين .
تستثمر في انبوبة الاشعة الكاثودية للتحكم في مسار الحزمة الالكترونية الساقطة على الشاشة.

س/ ماذا يحصل ؟ ولماذا ؟

a/ اذا تحرك جسيم مشحون بشحنة موجبة (q+) بسرعة مقدارها ($\vec{v}$) باتجاه عمودي على خطوط مجال كهربائي منتظم .

b/ اذا تحرك جسيم مشحون بشحنة (q+) باتجاه عمودي على خطوط مجال مغناطيسي منتظم كثافة فيض ($\vec{B}$)؟

ج/ a/ سوف يتاثر هذا الجسيم بقوة كهربائية ( $\vec{F}_E$ ) بمستو موازٍ لخطوط المجال الكهربائي وفقا للعلاقة الاتية :

$$(\vec{F}_E = q\,\vec{E})$$

b/ سوف يتحرك الجسيم على مسار دائري بتاثير قوة مغناطيسية عمودية على متجه السرعة للجسيم وفقا للعلاقة الاتية:

$$\left[\vec{F}_B = q(\vec{v}\times\vec{B})\right]$$

**س/ ماذا يحصل لو قذف جسيم مشحون بشحنة موجبة عموديا على مجالين كهربائي ومغناطيسي متعامدين مع بعضهما؟**

ج/ سوف يتأثر هذا الجسيم بقوتين احداهما قوة كهربائية يؤثر بها المجال الكهربائي وتكون موازية لخطوط المجال الكهربائي والأخرى قوة مغناطيسية يؤثر بها المجال المغناطيسي وتكون عمودية على خطوط المجال المغناطيسي وان القوة المغناطيسية تكون اما باتجاه القوة الكهربائية او باتجاه معاكس لها وان محصلة هاتين القوتين تسمى قوة لورنز .

**تذكر**

إذا تحرك جسيم مشحون بشحنة موجبة باتجاه عمودي على :

- مجال كهربائي منتظم سوف يتأثر بقوة كهربائية موازية للمجال.
- مجال مغناطيسي منتظم سوف يتأثر بقوة مغناطيسية عمودية على المجال .
- مجال كهربائي منتظم ومجال مغناطيسي منتظم في ان واحد ومتعامدان مع بعضهما سوف يتأثر بمحصلة القوتين والتي تسمى قوة لورنز .

س/ لماذا تكون القوة المغناطيسية باتجاه القوة الكهربائية او باتجاه معاكس لها اذا تحرك جسيم عموديا على مجالين كهربائي ومغناطيسي متعامدين مع بعضهما ؟

ج/ لان القوة المغناطيسية ( $\vec{F}_B$ ) تكون عمودية على كل من متجه السرعة ( $\vec{v}$ ) ومتجه كثافة الفيض المغناطيسي $(\vec{B})$

## الحث الكهرومغناطيسي :

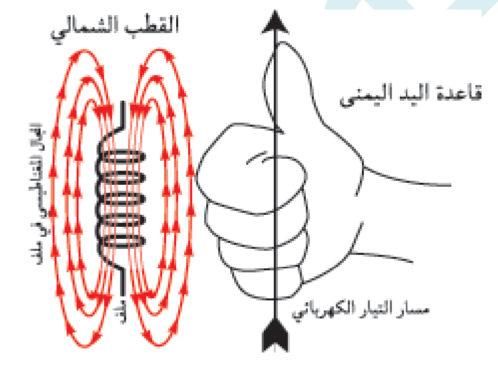
**ظاهرة الحث الكهرومغناطيسي :** هي ظاهرة توليد قوة دافعة كهربائية محتثة وتيار محتث في دائرة كهربائية مقفلة (حلقة موصلة او ملف سلكي) نتيجة لحصول تغير في الفيض المغناطيسي لوحدة الزمن والذي يخترق تلك الدائرة .

س/ ما هو اكتشاف ؟ (1) العالم اورستد (2) العالم فراداي والعالم هنري.

ج/ (1) ان التيار الكهربائي يولد مجالا مغناطيسيا لذا يعد اورستد اول من اوجد العلاقة بين الكهربائية والمغناطيسية.
(2) امكانية توليد تيار كهربائي في حلقة موصلة مقفلة او ملف من سلك موصل بوساطة مجال مغناطيسي متغير يواجه تلك الحلقة او ذلك الملف.

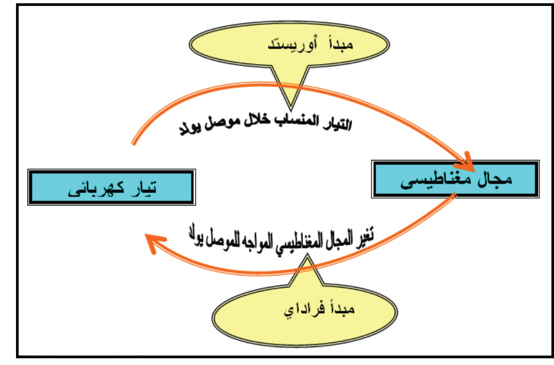
**قاعدة الكف اليمنى للملف السلكي او الحلقة الموصلة:**

اذا لفت أصابع الكف اليمنى حول الملف بنفس اتجاه مرور التيار في الملف فان الإبهام يشير إلى اتجاه المجال داخل الملف أي يشير إلى القطب الشمالي للمغناطيس المؤقت الذي يصنعه الملف.

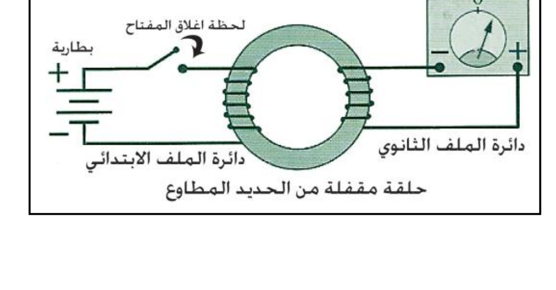



**س/ ما العلاقة بين مبدأ اورستيد ومبدأ فراداي ؟ عبر عن هذه العلاقة بمخطط .**

ج/



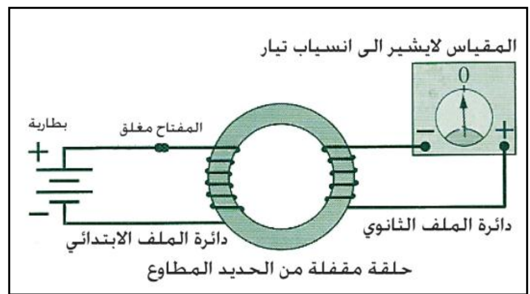
**س/ اشرح تجربة لاثبات اكتشاف فراداي .**

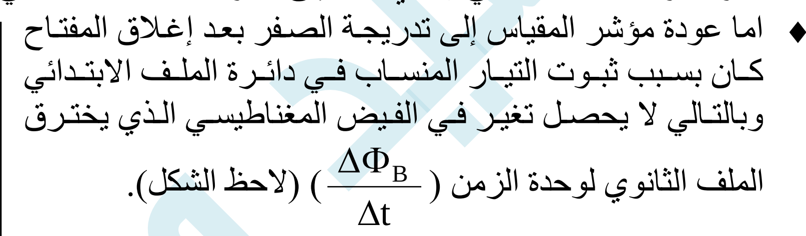



**ادوات التجربة :**
ملفان سلكيان ملفوفين حول حلقة مقفلة من الحديد المطاوع ، بطارية ، كلفانوميتر ، مفتاح .

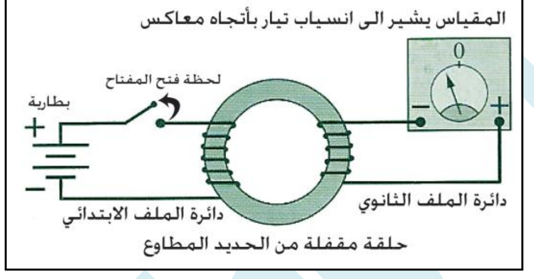
**العمل :**

- نربط احد الملفين على التوالي مع بطارية ومفتاح وتسمى هذه الدائرة بدائرة الملف الابتدائي ونربط الملف الآخر مع جهاز يتحسس بالتيارات صغيرة المقدار (كلفانوميتر) صفره في وسط تدريجه وتسمى هذه الدائرة بدائرة الملف الثانوي
- لاحظ فرداي لحظة إغلاق المفتاح المربوط مع الملف الابتدائي انحراف مؤشر المقياس المربوط مع الملف الثانوي إلى احد جانبي صفر التدريجة ثم رجوعه إلى تدريجة الصفر (لاحظ الشكل).مما يدل على انسياب تيار محتث في دائرة الملف الثانوي على الرغم من عدم توافر بطارية او مصدر للفولطية في الدائرة وذلك بسبب نمو تيار دائرة الملف الابتدائي والذي أدى إلى تغير الفيض المغناطيسي الذي يخترق الملف الثانوي لوحدة الزمن.



- اما عودة مؤشر المقياس إلى تدريجة الصفر بعد إغلاق المفتاح كان بسبب ثبوت التيار المنساب في دائرة الملف الابتدائي وبالتالي لا يحصل تغير في الفيض المغناطيسي الذي يخترق الملف الثانوي لوحدة الزمن ( $\frac{\Delta\Phi_B}{\Delta t}$ ) (لاحظ الشكل).




- كما لاحظ فرداي انحراف مؤشر المقياس ثانية لحظة فتح المفتاح ولكن إلى الجانب المعاكس للصفر في هذه المرة (لاحظ الشكل) ثم عودته إلى تدريجة الصفر.
- والذي لفت انتباه فراداي ان هذا التأثير (انسياب التيار في دائرة الملف الثانوي) قد حصل فقط خلال مرحلتي نمو وتلاشي التيار في دائرة الملف الابتدائي . وبما ان عمليتي نمو وتلاشي التيار في دائرة الملف الابتدائي تتسببان في تزايد وتناقص الفيض المغناطيسي الذي يخترق قلب الحديد الملفوف حول الملفين .

لذلك انتبه فراداي الى ضرورة توافر العامل الاساسي لتوليد التيار المحتث في دائرة مقفلة وهو حصول تغير في الفيض المغناطيسي الذي يخترق الملف لوحدة الزمن .

**الاستنتاج :**
يتولد تيار محتث في دائرة كهربائية مقفلة (ملف سلكي او حلقة موصلة) فقط عندما يحصل تغير في الفيض المغناطيسي الذي يخترق تلك الدائرة لوحدة الزمن ( $\frac{\Delta\Phi_B}{\Delta t}$ ) .

**س/ ما العامل الأساسي لتوليد تيار محتث في دائرة كهربائية مقفلة ؟**
ج/ حصول تغير في الفيض المغناطيسي والذي يخترق الدائرة لوحدة الزمن .

**س/ ما هو التفسير الفيزيائي الذي اعطاه فراداي لسبب فشل المحاولات العملية التي سبقت اكتشافه في توليد تيار كهربائي محتث بوساطة مجال مغناطيسي ؟**
ج/ ذكر بان جميع تلك المحاولات كانت تعتمد على المجالات المغناطيسية الثابتة.

**س/ هل يمكن للمجال المغناطيسي ان يولد تيارا كهربائيا في حلقة موصلة مقفلة ؟ وضح ذلك .**
ج/ نعم عند حصول تغير في الفيض المغناطيسي الذي يخترق الحلقة خلال وحدة الزمن.

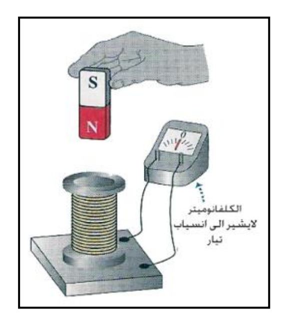
س/ اشرح نشاط يوضح ظاهرة الحث الكهرومغناطيسي ؟

**أدوات النشاط :**

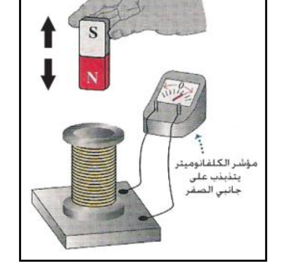
ملفان سلكيان مجوفان مختلفان في أقطارهما (يمكن ادخال احدهما في الآخر) ، كَلفانوميتر صفره في وسط التدريجة ، ساق مغناطيسية ، أسلاك توصيل ، بطارية ، مفتاح كهربائي .

**خطوات النشاط :**

**اولا:**

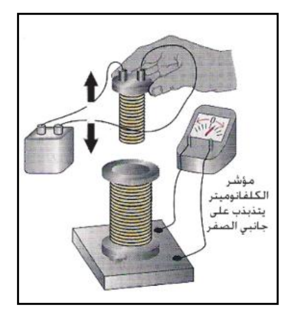



- نربط طرفي احد الملفين بوساطة أسلاك التوصيل مع طرفي الكَلفانوميتر .
- نجعل الساق المغناطيسية وقطبها الشمالي مواجها للملف وفي حالة سكون نسبة للملف سنجد ان مؤشر الكَلفانوميتر يبقى ثابتا عند صفر التدريجة أي لا يشير إلى انسياب تيار كهربائي في دائرة الملف (لاحظ الشكل) .




- ندفع الساق المغناطيسية نحو وجه الملف (أي في حالة اقتراب من الملف) نجد ان المؤشر ينحرف باتجاه معين وعند سحب الساق بعيدا عن وجه الملف ينحرف المؤشر باتجاه معاكس وهذا يدل على انسياب تيار محتث في الحالتين (اقتراب او ابتعاد الساق عن وجه الملف) (لاحظ الشكل) .

**ثانيا:**




- نربط طرفي الملف الآخر (ويسمى بالملف الابتدائي) بين قطبي البطارية بوساطة أسلاك التوصيل للحصول على مغناطيسي كهربائي .
- نحرك الملف المتصل بالبطارية (الملف الابتدائي) أمام وجه الملف الثانوي المتصل بالكَلفانوميتر بتقريبه مرة من وجه الملف الثانوي وإبعاده مرة أخرى وبموازاة محوره سنجد ان مؤشر الكَلفانوميتر سينحرف على احد جانبي الصفر مرة وباتجاه معاكس مرة اخرى وبالتعاقب مشيرا إلى انسياب تيار محتث في دائرة الملف الثانوي ثم عودته إلى الصفر عند عدم توافر الحركة النسبية بين الملفين (لاحظ الشكل) .

**ثالثا:**




- نربط مفتاح كهربائي في دائرة الملف الابتدائي ونجعله مفتوحا .
- ندخل الملف الابتدائي في جوف الملف الثانوي ونحافظ على ثبوت احد الملفين نسبة إلى الآخر فلا نلاحظ انحراف المؤشر في هذه الحالة وهذا يؤدي إلى عدم انسياب تيار محتث في دائرة الملف الثانوي .
- نغلق ونفتح المفتاح في دائرة الملف الابتدائي نجد ان مؤشر الكَلفانوميتر يتذبذب بانحرافه على جانبي الصفر باتجاهين متعاكسين فقط في لحظتي إغلاق وفتح المفتاح في دائرة الملف الابتدائي وعلى التعاقب مشيرا إلى انسياب تيار محتث في دائرة الملف الثانوي خلال تلك اللحظتين (لاحظ الشكل) .

**ألاستنتاج :**

1- تُستحث قوة دافعة كهربائية ($\varepsilon_{ind}$) وينساب تيار محتث ($I_{ind}$) في دائرة كهربائية مقفلة (حلقة موصلة او ملف سلكي) فقط عند حصول تغير في الفيض المغناطيسي الذي يخترق تلك الدائرة لوحدة الزمن على الرغم من عدم توافر بطارية في تلك الدائرة .

2- تكون قطبية القوة الدافعة الكهربائية المحتثة ($\varepsilon_{ind}$) واتجاه التيار المحتث ($I_{ind}$) في الدائرة الكهربائية باتجاه معين عند تزايد الفيض المغناطيسي الذي يخترقها ويكونان باتجاه معاكس عند تناقص هذا الفيض .

## القوة الدافعة الكهربائية الحركية ($\varepsilon_{motional}$):

عندما تتحرك ساق موصلة طولها ( $\ell$ ) بوحدة (m) بسرعة ( $v$ ) بوحدة (m/sec) في مجال مغناطيسي منتظم كثافة فيضه (B) بوحدة تسلا (T) بحيث تكون الزاوية بين متجه ( $\vec{v}$ ) ومتجه ( $\vec{B}$ ) تساوي ( $\theta$ ) فسوف تتولد على طرفي الساق قوة دافعة كهربائية محتثة حركية ($\varepsilon_{motional}$) تعطى وفقا للعلاقة التالية :

$$\varepsilon_{motional} = vB\ell \sin\theta$$

- عندما ( $\vec{v} \perp \vec{B}$ ) فان ( $\theta = 90°$ ) وان ( $\sin 90° = 1$ ) لذلك تتولد اعظم قوة دافعة كهربائية محتثة حركية .
- عندما ( $\vec{v} // \vec{B}$ ) فان ($\theta=0$) وان ($\sin 0=0$) لذلك لا تتولد ($\varepsilon_{motional}$) على طرفي الساق.
- اتجاه السرعة ( $\vec{v}$ ) مائلا بزاوية ( $\theta$ ) مع اتجاه كثافة الفيض المغناطيسي ( $\vec{B}$ ) سوف تتولد قوة دافعة كهربائية محتثة حركية اكبر من صفر واقل من مقدارها الاعظم .

س/ متى تتولد اعظم قوة دافعة كهربائية محتثة حركية على طرفي ساق موصلة ؟ ومتى لا تتولد ؟ ولماذا؟

ج/ تتولد اعظم قوة دافعة كهربائية محتثة حركية عندما تكون حركة الساق عمودية على اتجاه كثافة الفيض المغناطيسي لان $(\theta = 90°)$ وان $(\sin 90° = 1)$ لذلك $(\varepsilon_{motional} = vB\ell)$

ج/ لا تتولد قوة دافعة كهربائية محتثة حركية عندما تكون حركة الساق موازية الى اتجاه كثافة الفيض المغناطيسي لان $(\theta = 0)$ وان $(\sin 0 = 0)$ لذلك $(\varepsilon_{motional} = 0)$

- وعندما تكون الساق الموصلة جزء من دائرة كهربائية مقفلة (او تنزلق على سكة موصلة بشكل حرف U باتجاه عمودي على فيض مغناطيسي منتظم) بحيث تكون المقاومة الكلية للدائرة (R) حيث (R تمثل مقاومة عناصر الدائرة واسلاك الربط) سوف ينساب تيار محتث في هذه الدائرة يحسب وفقا لقانون اوم وكما يلي :

$$I_{ind} = \frac{\varepsilon_{motional}}{R} \quad \text{or} \quad I_{ind} = \frac{vB\ell}{R}$$

- اما القدرة المكتسبة في الدائرة او القدرة الضائعة (المتبددة) ($P_{dissipated}$) والتي تظهر بهيئة حرارة في المقاومة الكلية (R) للدائرة فتحسب وفقا للعلاقات الاتية :

$$P = I^2.R \quad \text{or} \quad P = I\,\varepsilon_{motional} \quad \text{or} \quad P = \frac{\varepsilon^2_{motional}}{R}$$

حيث وحدة قياس القدرة الكهربائية المتبددة هي الواط (Watt) ويرمز له (W) .

- ونتيجة لمرور تيار كهربائي في الدائرة سوف تتولد قوة مغناطيسية ثانية ($F_{B2}$) وتكون عمودية على الساق وباتجاه معاكس لاتجاه الحركة حسب قاعدة الكف اليمنى لذلك تعمل على عرقلة حركة الساق وتجعل الحركة متباطئة (غير منتظمة) وتحسب القوة المغناطيسية الثانية من العلاقة التالية :

$$F_{B2} = IB\ell$$

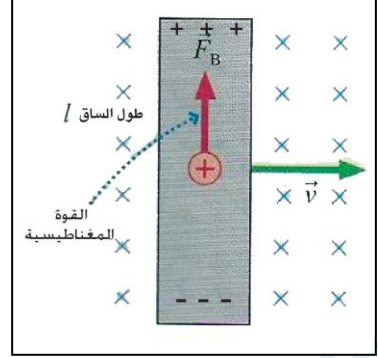
- ولكي نجعل الساق تتحرك بسرعة ثابتة يتطلب تسليط قوة خارجية ($F_{pull}$) تسحب الساق وهي تساوي القوة المغناطيسية الثانية مقدارا وتعاكسها اتجاها أي ان :

$$F_{pull} = F_{B2}$$

$$\therefore \quad F_{pull} = IB\ell \quad \text{or} \quad F_{pull} = \frac{vB^2\ell^2}{R}$$

حيث وحدة قياس القوة الخارجية الساحبة هي النيوتن (N) عندما يكون التيار المنساب في الدائرة بوحدة امبير (A) وكثافة الفيض المغناطيسي بوحدة تسلا (T) وطول الساق مقاسة بوحدة المتر (m) .

**س/ اشرح تجربة عملية توضح كيف تُستحث القوة الدافعة الكهربائية الحركية على طرفي ساق موصلة موضوعة في مجال مغناطيسي منتظم؟**



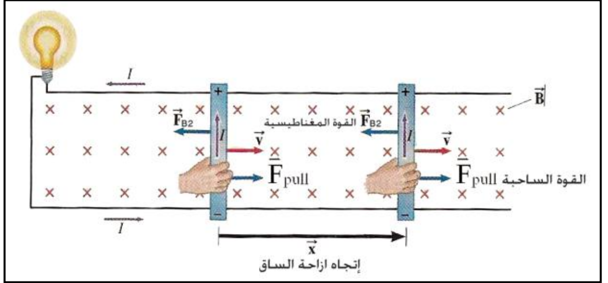

ج/ عندما تتحرك الساق داخل المجال المغناطيسي فان الشحنات الموجبة للساق تتأثر بقوة مغناطيسية تؤثر باتجاه موازي لمحور الساق فتعمل هذه القوة على فصل الشحنات الموجبة عن الشحنات السالبة اذ تتجمع الشحنات الموجبة في احد طرفي الساق والشحنات السالبة في الطرف الآخر ويستمر تجمع الشحنات المختلفة في طرفي الساق مع الاستمرار في حركتها داخل المجال المغناطيسي فيتولد فرق جهد كهربائي بين طرفي الساق يسمى القوة الدافعة الكهربائية الحركية ($\varepsilon_{motional}$) .

**ملاحظات:**

1- نتيجة لحركة الساق الموصلة بسرعة ($\vec{v}$) عمودية على اتجاه كثافة الفيض المغناطيسي ($\vec{B}$) تنشأ قوة مغناطيسية موازية لمحور الساق تعمل على فصل الشحنات الموجبة عن الشحنات السالبة فتتجمع الشحنات الموجبة في احد طرفي الساق والشحنات السالبة في الطرف الاخر ومع الاستمرار في حركة الساق يستمر تجمع الشحنات المختلفة في طرفي الساق فينشأ نتيجة لذلك مجال كهربائي ($\vec{E}$) عمودي على المجال المغناطيسي فيؤثر على الشحنات الموجبة بقوة كهربائية ($\vec{F}_E$) موازية لمحور الساق ايضا ولكن معاكسة لاتجاه القوة التي يؤثر بها المجال المغناطيسي $\vec{F}_{B1}$ على تلك الشحنات وعند تساوي هاتين القوتين تحصل حالة الاتزان :

أي ان : ($\vec{F}_E = \vec{F}_{B1}$)

2- أثناء حركة الساق بسرعة ($\vec{v}$) عمودية على المجال المغناطيسي هنالك نوعين من القوة المغناطيسية هما ($\vec{F}_{B1}$) وتكون موازية لمحور الساق والتي تفصل الشحنات الموجبة عن الشحنات السالبة فيتولد نتيجة لذلك فرق جهد كهربائي بين طرفي الساق يسمى بالقوة الدافعة الكهربائية الحركية ($\varepsilon_{motional}$) والقوة المغناطيسية الأخرى تنشأ عندما يكون الساق المتحركة في المجال المغناطيسي في دائرة كهربائية



مقفلة ينساب تيار محتث في الساق وباتجاه عمودي على المجال فتظهر قوة مغناطيسية ثانية ( $\vec{F}_{B2}$ ) تؤثر باتجاه عمودي على الساق وعكس اتجاه السرعة ( $v$ ) التي تتحرك بها الساق فتعمل هذه القوة على عرقلة حركة الساق فتتسبب في تباطؤ حركة الساق ولكي نجعل هذه الساق تتحرك بسرعة ثابتة يتطلب تسليط قوة خارجية $\vec{F}_{pull}$ تسحب الساق . وبما ان حركة الساق منتظمة بوجود هذه القوة الساحبة لذلك : $(F_{pull} = F_{B2})$ .

س/ اشتق علاقة رياضية لحساب القوة الدافعة الكهربائية المحتثة الحركية المتولدة على طرفي ساق تتحرك عموديا داخل مجال مغناطيسي ؟

ج/

$$F_{B1} = qvB\sin\theta \quad , \quad \because \quad \theta = 90^\circ$$

$$\therefore \quad F_{B1} = qvB\sin 90^\circ \quad \Rightarrow \quad F_{B1} = qvB \qquad (\sin 90^\circ = 1)$$

$$\because \quad F_E = qE$$

$$F_E = F_{B1} \quad \Rightarrow \quad qE = qvB \quad \Rightarrow \quad E = vB$$

$$\because \quad E = \frac{\Delta V}{\ell} \quad \Rightarrow \quad \Delta V = E\,\ell \quad \Rightarrow \quad \Delta V = vB\ell$$

$$\varepsilon_{motional} = vB\ell$$

س/ ماذا يتولد عند تحريك ساق موصلة عموديا على مجال مغناطيسي منتظم ؟

ج/ تتولد قوة دافعة كهربائية محتثة حركية على طرفي الموصل وتكون في مقدارها الاعظم.

س/ ما المقصود بالقوة الدافعة الكهربائية الحركية ؟ وعلى اي العوامل تعتمد ؟

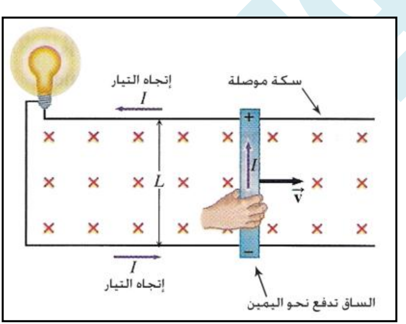
ج/ هي فرق الجهد المتولد على طرفي ساق موصلة تتحرك داخل مجال مغناطيسي منتظم وتقاس بالفولط .

وتعتمد على :

1- السرعة ( $v$ ) التي تتحرك بها الساق . 2- مقدار كثافة الفيض المغناطيسي (B) . 3- طول الساق ( $\ell$ )

4- وضعية الساق نسبة للفيض المغناطيسي اي الزاوية ($\theta$) المحصورة بين متجه السرعة ( $\vec{v}$ ) ومتجه كثافة الفيض المغناطيسي ( $\vec{B}$ ).

س/ وضح بتجربة عملية الاجراء اللازم اتخاذه لكي ينساب تيار محتث في الساق المتحركة داخل مجال مغناطيسي؟




ج/ نضع الساق في دائرة كهربائية مقفلة وتتم هذه العملية بجعل الساق تنزلق بسرعة ($v$) نحو اليمين مثلا على طول سكة موصلة بشكل حرف U مربوط معها مصباح كهربائي على التوالي ونثبت السكة على منضدة أفقية (لاحظ الشكل) وبهذا الترتيب نجد ان الساق والسكة والمصباح يشكلان دائرة كهربائية مقفلة فإذا سلطنا مجال مغناطيسي منتظم كثافة فيضه (B) باتجاه عمودي على مستوي تلك الدائرة (اتجاهه داخل الورقة مثلا) ستتأثر الشحنات الموجبة في الساق بقوة مغناطيسية تدفعها نحو احد طرفي الساق وتدفع الشحنات السالبة نحو الطرف الآخر وبما ان الدائرة مقفلة فان الشحنات تستمر في الحركة ولا تتجمع عند طرفي الساق ونتيجة لذلك ينساب تيار في الدائرة يسمى بالتيار المحتث ويدل على انسياب التيار في الدائرة توهج المصباح المربوط على التوالي مع السكة ولو طبقنا قاعدة الكف اليمنى على الشحنة الموجبة سوف يكون اتجاه التيار المحتث في الدائرة معاكسا لاتجاه دوران عقارب الساعة .

س/ علامَ تعتمد القوة المغناطيسية الثانية المؤثرة عموديا على ساق موصلة متحركة في مجال مغناطيسي وينساب فيها تيار محتث؟

ج/ تعتمد على :
1- طول الساق المتحركة $(\ell)$ 2- مقدار التيار المنساب في الساق (I) 3- كثافة الفيض المغناطيسي (B)

## الحث الكهرومغناطيسي ومبدأ حفظ الطاقة :

س/ لماذا تعد حركة الساق الموصلة والمربوطة الى دائرة كهربائية مقفلة داخل المجال المغناطيسي تطبيقا لقانون حفظ الطاقة ؟

ج/ لان المعدل الزمني للشغل المنجز في تحريك الساق (القدرة المكتسبة في الدائرة) يساوي بالضبط القدرة المتبددة في المقاومة الكلية لهذه الدائرة بشكل حرارة او أي نوع من القدرة في الحمل .

س/ اثبت رياضيا بان المعدل الزمني للشغل المنجز في تحريك الساق الموصلة خلال المجال المغناطيسي يساوي القدرة المتبددة في المقاومة الكلية للدائرة.

ج/

$$P = \frac{w}{t} = \frac{F_{pull}.x}{t} = F_{pull}.v = I B \ell.v = \frac{vB\ell}{R} B\ell v = \frac{v^2B^2\ell^2}{R}$$

$$P_{disspated} = I^2R = \frac{(vB\ell)^2}{R^2}.R = \frac{v^2B^2\ell^2}{R}$$

$$\therefore P = P_{disspated}$$

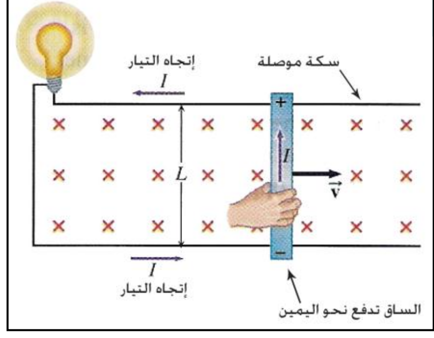
## ملاحظات/

**1- عندما تكون الدائرة مفتوحة تتراكم (تتجمع) شحنات سالبة في احد طرفي الساق وشحنات موجبة في الطرف الاخر فينشأ فرق جهد كهربائي بين طرفي الساق يمثل القوة الدافعة الكهربائية الحركية .**

**2- عندما تكون الدائرة مقفلة فان الشحنات تستمر في الحركة ولا تتجمع عند طرفي الساق ونتيجة لذلك ينساب تيار في الدائرة يسمى بالتيار المحتث .**

**3- القدرة المكتسبة في الدائرة نتيجة لحركة الساق بسرعة $\upsilon$ بسبب القوة الساحبة تساوي القدرة المتبددة في المقاومة الكلية للدائرة التي ينساب فيها تيار محتث .**

**مثال 1 (كتاب)/** افرض ان ساقا موصلة طولها (1.6m) انزلقت على سكة موصلة بانطلاق (5m/s) باتجاه عمودي على مجال مغناطيسي منتظم كثافة فيضه (0.8T) . وكانت مقاومة المصباح المربوط مع السكة على التوالي (128Ω) لاحظ الشكل (اهمل المقاومة الكهربائية للساق والسكة) واحسب مقدار:




1- القوة الدافعة الكهربائية الحركية المحتثة.
2- التيار المحتث في الدائرة.
3- القدرة الكهربائية المجهزة للمصباح.

الحل

$$1- \quad \varepsilon_{motional} = vB\ell = 5\times0.8\times1.6 = 6.4V$$

$$2- \quad I_{ind} = \frac{\varepsilon_{motional}}{R} = \frac{6.4}{128} = 0.05A$$

$$3- \quad P_{dissipated} = I^2R = (0.05)^2\times128 = 0.32w$$

## الفيض المغناطيسي Magnetic Flux:

س/ ما العامل الأساسي لتوليد قوة دافعة كهربائية محتثة في حلقة موصلة او ملف سلكي موضوع في مجال مغناطيسي؟

ج/ حصول تغير في الفيض المغناطيسي الذي يخترق الدائرة لوحدة الزمن ( $\frac{\Delta\Phi_B}{\Delta t}$ ) .

س/ ماذا يحصل اذا تغير الفيض المغناطيسي لوحدة الزمن الذي يخترق حلقة موصلة ؟

ج/ تتولد قوة دافعة كهربائية محتثة .

**العلاقة بين الفيض المغناطيسي ($\Phi_B$) وكثافة الفيض المغناطيسي (B):**

ان الفيض المغناطيسي الذي يخترق مساحة سطحية معينة ينتج من حاصل الضرب النقطي (القياسي) بين متجه المساحة ( $\vec{A}$ ) ومتجه كثافة الفيض المغناطيسي ( $\vec{B}$ ) أي ان ( $\Phi_B = \vec{A}.\vec{B}$ )

**اما مقدار الفيض المغناطيسي الذي يخترق تلك المساحة فيحسب وفقا للعلاقة الآتية :**

$$\Phi_B = AB\cos\theta$$

حيث :

$\vec{A}$ : متجه المساحة وهو العمود المقام على المساحة (A) ويمثل احد ضلعي الزاوية (θ) .

$\vec{B}$ : متجه كثافة الفيض المغناطيسي ويمثل الضلع الاخر من اضلاع الزاوية (θ).

A : مساحة السطح (مستوي الحلقة او مستوي الملف) وهي كمية قياسية (مقدارية) ووحدتها ($m^2$) .

$\Phi_B$ : الفيض المغناطيسي ووحدته هي Weber (wb) وهو كمية قياسية (مقدارية).

B : كثافة الفيض المغناطيسي (او شدة المجال المغناطيسي) وهو من الكميات الاتجاهية ووحدته Tesla (T).
حيث ($T=wb/m^2$).

Bcosθ : مركبة كثافة الفيض المغناطيسي العمودية على مساحة السطح (A).

## انتبه /

ان العلاقة بين الزاوية (θ) ومتممتها ($\theta^\backslash$) يمكن ان تكتب بالشكل التالي :

$$\theta = 90° - \theta^\backslash$$

θ : هي الزاوية المحصورة بين متجه المساحة ( $\vec{A}$ ) ومتجه كثافة الفيض المغناطيسي ( $\vec{B}$ ) .

$\theta^\backslash$ : هي الزاوية المحصورة بين مستوي الحلقة او الملف (A) ومتجه كثافة الفيض المغناطيسي ( $\vec{B}$ ).

لذلك اذا وردت في السؤال عبارة **(متجه المساحة)** فان الزاوية المعطاة هي (θ) لذلك تعوض نفسها في القانون . اما اذا وردت عبارة **(مستوي الملف او الحلقة)** فهذا يعني بان الزاوية المعطاة في السؤال هي المتممة ($\theta^\backslash$) لذا يجب ان تطرح من (90°) للحصول على الزاوية (θ) .

## ملاحظات/

1- عندما $(\vec{A} // \vec{B})$ فان $(\vec{A} \perp \vec{B})$ لذا فان $(\theta=90^{\circ})$ وان $(\cos 90^{\circ})$ لذلك فان $(\Phi_B=0)$ أي لا يتوافر فيض مغناطيسي يخترق السطح في هذه الحالة .

وعندما $(\vec{A} \perp \vec{B})$ فان $(\vec{A} // \vec{B})$ لذا فان $(\theta=0)$ وان $(\cos 0=1)$ لذلك فان $(\Phi_B=AB)$ اعظم ما يمكن .

2- مساحة السطح الدائري (حلقة موصلة او ملف سلكي دائري) تحسب وفقا للعلاقة التالية : $(A=\pi\ r^2)$ حيث $(r)$ نصف القطر.

3- للتحويل من $(cm^2)$ إلى $(m^2)$ نضرب المقدار في $(10^{-4})$.

4- هنالك وحدة أخرى لقياس الفيض المغناطيسي $(\Phi_B)$ وهي الماكسويل (Maxwell) وهو يمثل خط واحد من خطوط القوة المغناطيسية وان كل $(wb=10^8 Maxwell)$ لذلك للتحويل من ماكسويل إلى ويبر نضرب المقدار في $(10^{-8})$.

س/ علامَ يعتمد الفيض المغناطيسي الذي يخترق سطح ؟

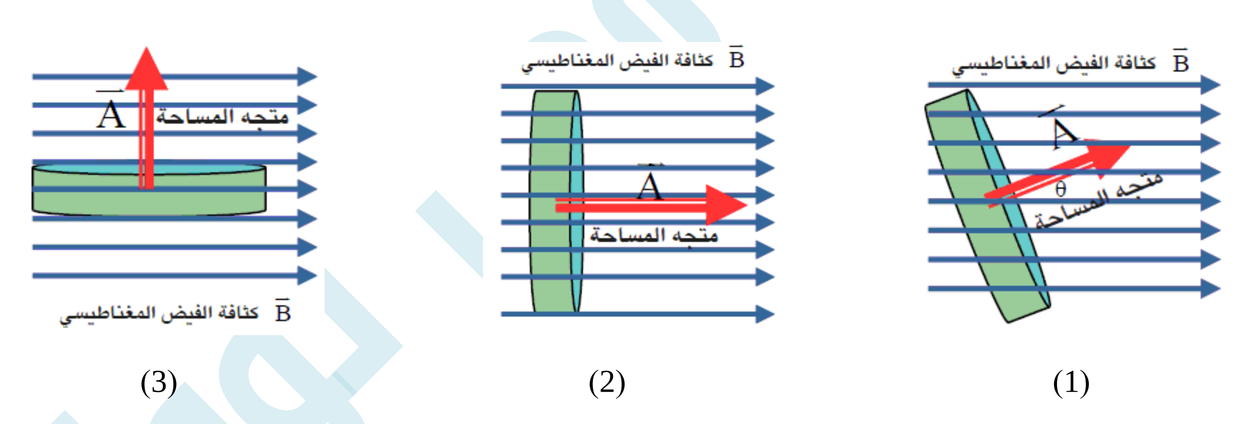
ج/ يعتمد على :

1- كثافة الفيض المغناطيسي 2- مساحة السطح

3- الزاوية بين متجه كثافة الفيض المغناطيسي ومتجه مساحة السطح

**طرائق تغير الفيض المغناطيسي الذي يخترق حلقة موصلة او ملف سلكي:**

**الطريقة الأولى :** تغيير قياس الزاوية θ بين متجه المساحة $\vec{A}$ ومتجه كثافة الفيض المغناطيسي $\vec{B}$ لاحظ الاشكال مثل دوران ملف نواة المولد الكهربائي داخل مجال مغناطيسي منتظم .



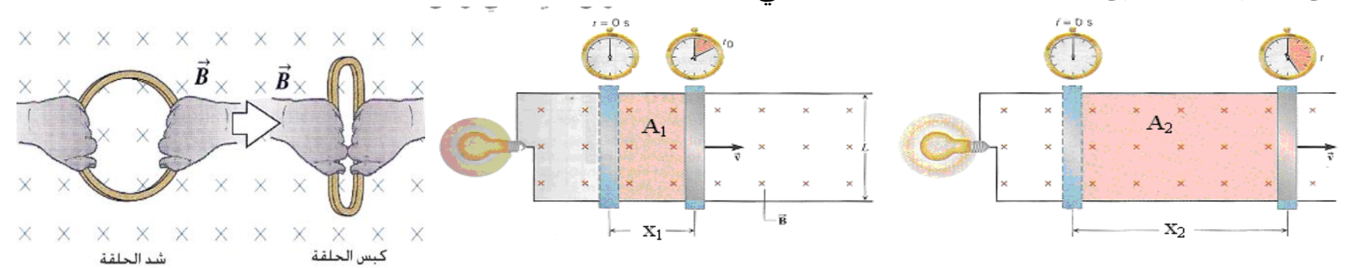

(1) (2) (3)

الشكل (1) يوضح ان متجه المساحة $(\vec{A})$ يصنع زاوية (θ) مع متجه كثافة الفيض المغناطيسي $(\vec{B})$ أي ان المستوي (A) يصنع زاوية مقدارها $(90^{\circ} - \theta)$ .

الشكل (2) يوضح ان متجه كثافة الفيض المغناطيسي $(\vec{B})$ بموازاة متجه المساحة $(\vec{A})$ أي ان متجه كثافة الفيض المغناطيسي $(\vec{B})$ عمودي على مستوي الحلقة (A) فتكون الزاوية $(\theta=0)$ بين متجه المساحة $(\vec{A})$ ومتجه كثافة الفيض المغناطيسي $(\vec{B})$ فيكون الفيض المغناطيسي الذي يخترق الحلقة في مقداره الأعظم .

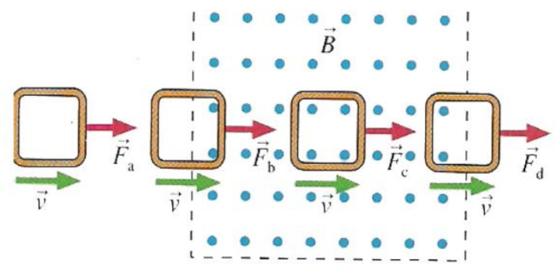
الشكل (3) يوضح ان متجه كثافة الفيض المغناطيسي $(\vec{B})$ بموازاة مستوى الحلقة (A) أي ان متجه المساحة $(\vec{A})$ عمودي على اتجاه كثافة الفيض المغناطيسي $(\vec{B})$ فتكون الزاوية $(\theta = 90^{\circ})$ بين متجه المساحة $(\vec{A})$ ومتجه كثافة الفيض المغناطيسي $(\vec{B})$ فينعدم الفيض المغناطيسي الذي يخترق الحلقة.

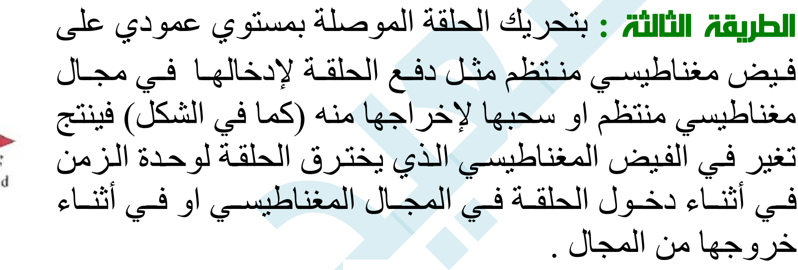
**الطريقة الثانية :** تغيير مساحة الحلقة المواجهة للفيض المغناطيسي $\Phi_B$ المنتظم ويتم ذلك مثلا بكبس الحلقة او شدها من جانبيها المتقابلين فتقل بذلك المساحة A كما في الشكل




وبالإمكان زيادة المساحة وذلك بإزاحة الساق الموضحة في الشكل اعلاه نحو اليمين فتتغير المساحة من ( $A_1=x_1L$) إلى ($A_2=x_2L$) ومنها نجد $\Delta A = A_2 - A_1$ .

**الطريقة الثالثة :** بتحريك الحلقة الموصلة بمستوي عمودي على فيض مغناطيسي منتظم مثل دفع الحلقة لإدخالها في مجال مغناطيسي منتظم او سحبها لإخراجها منه (كما في الشكل) فينتج تغير في الفيض المغناطيسي الذي يخترق الحلقة لوحدة الزمن في أثناء دخول الحلقة في المجال المغناطيسي او في أثناء خروجها من المجال .





**س/ عدد طرائق تغير الفيض المغناطيسي الذي يخترق حلقة موصلة او ملف سلكي .**

(1) تغيير قياس الزاوية ($\theta$) بين متجه المساحة ($\vec{A}$) ومتجه كثافة الفيض المغناطيسي ($\vec{B}$) مثل دوران ملف نواة المولد الكهربائي داخل مجال مغناطيسي منتظم.

(2) تغيير مساحة الحلقة المواجهة للفيض المغناطيسي ($\Phi_B$) المنتظم وذلك بكبس الحلقة او شدها من جانبيها المتقابلين فتقل بذلك مساحتها (A).

(3) بتحريك الحلقة الموصلة بمستوي عمودي على فيض مغناطيسي منتظم مثل دفع الحلقة لادخالها في مجال مغناطيسي منتظم او سحبها لاخراجها منه.

**س/ متى يكون الفيض المغناطيسي الذي يخترق حلقة موصلة اعظم ما يمكن ؟ ومتى يساوي صفر ؟ ومتى يكون نصف مقداره الاعظم ؟ ولماذا ؟**

ج/ يكون اعظم ما يمكن عندما متجه كثافة الفيض المغناطيسي ($\vec{B}$) عموديا على مستوي الحلقة أي ان الزاوية بين متجه كثافة الفيض المغناطيسي ($\vec{B}$) ومتجه المساحة ($\vec{A}$) تساوي صفر ($\theta=0$) وان ($\cos 0=1$) لذلك ($\Phi_B=BA$) اعظم ما يمكن .

يساوي صفرا عندما يكون متجه كثافة الفيض المغناطيسي ($\vec{B}$) بموازاة مستوي الحلقة أي ان الزاوية بين متجه كثافة الفيض المغناطيسي ($\vec{B}$) ومتجه المساحة ($\vec{A}$) تساوي $90°$ أي ان ($\theta=90°$) وان ($\cos 90°=0$) لذلك ($\Phi_B=0$) .

نصف مقداره الاعظم عندما يكون مستوي الحلقة مائلا بزاوية ($30°$) مع اتجاه كثافة الفيض المغناطيسي أي ان متجه المساحة مائلا بزاوية ($60°$) مع اتجاه كثافة الفيض المغناطيسي.

**مثال2(كتاب)/** حلقة دائرية موصلة قطرها (0.4m) وضعت داخل مجال مغناطيسي منتظم كثافة فيضه (B=0.5T) ويتجه باتجاه موازٍ لمتجه مساحة الحلقة $\vec{A}$ .

a- احسب مقدار الفيض المغناطيسي الذي يخترق الحلقة لاحظ الشكل (32 – a).

b- ما مقدار الفيض المغناطيسي على فرض ان الحلقة دارت باتجاه معاكس لدوران عقارب الساعة لحين صار متجه المساحة $\vec{A}$ يصنع زاوية (θ=45°) مع اتجاه كثافة الفيض المغناطيسي ($\vec{B}$). لاحظ الشكل (32 – b).

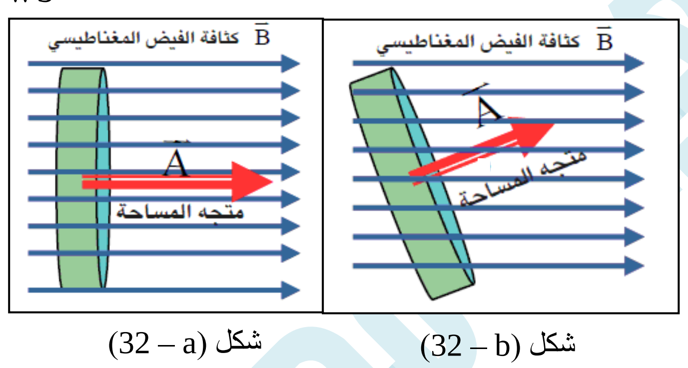
الحل

$$A = \pi r^2 = \pi \times (0.2)^2 = 4\pi \times 10^{-2} m^2$$

$$a - \quad \Phi_B = AB\cos\theta = 4\pi \times 10^{-2} \times 0.5\cos 0 = 2\pi \times 10^{-2} = 2 \times 3.14 \times 10^{-2} = 6.28 \times 10^{-2} wb$$

$$b - \quad \Phi_B = AB\cos\theta = 6.28 \times 10^{-2} \cos 45° = 6.28 \times 10^{-2} \times 0.707$$

$$\therefore \quad \Phi_B = 4.44 \times 10^{-2} wb$$




شكل (32 – a) شكل (32 – b)

## قانون فراداي في الحث الكهرومغناطيسي :

س/ ما المقصود بظاهرة الحث الكهرومغناطيسي ؟
ج/ هي ظاهرة توليد قوة دافعة كهربائية محتثة في دائرة كهربائية مقفلة (حلقة موصلة او ملف سلكي) نتيجة لتغير الفيض المغناطيسي الذي يخترق تلك الدائرة لوحدة الزمن .

**مقدمة :** من خلال ما تعلمته سابقا فعند وضع ساق مغناطيسية مواجهة لاحد وجهي حلقة موصلة او ملف فانه :

- عندما لا تتوافر حركة نسبية بين الساق المغناطيسية والملف السلكي او الحلقة الموصلة لا يحصل تغير في الفيض المغناطيسي الذي يخترق الملف او الحلقة لوحدة الزمن ( $\frac{\Delta\Phi_B}{\Delta t} = 0$ ) لذلك لا تتولد قوة دافعة كهربائية محتثة $(\varepsilon_{ind} = 0)$ .
- عند دفع الساق المغناطيسية نحو الملف السلكي او الحلقة الموصلة يحصل تغير (زيادة) في الفيض المغناطيسي الذي يخترق الملف او الحلقة لوحدة الزمن ( $\frac{\Delta\Phi_B}{\Delta t} > 0$ ) (موجب) لذلك تتولد قوة دافعة كهربائية محتثة بقطبية سالبة.
- عند سحب الساق المغناطيسية بعيدا عن الملف او الحلقة الموصلة يحصل تغير (تناقص) في الفيض المغناطيسي الذي يخترق ذلك الملف او تلك الحلقة لوحدة الزمن ( $\frac{\Delta\Phi_B}{\Delta t} < 0$ ) (سالب) لذلك تتولد قوة دافعة كهربائية محتثة بقطبية موجبة.

- في كلا الحالتين (الاقتراب او الابتعاد) يحصل تغير في الفيض المغناطيسي الذي يخترق الملف او الحلقة لوحدة الزمن فتتولد قوة دافعة كهربائية محتثة بحيث تكون بقطبية سالبة عند نمو الفيض وبقطبية موجبة عند تلاشي الفيض .

**قانون فراداي:** مقدار القوة الدافعة الكهربائية المحتثة ($\varepsilon_{ind}$) في حلقة موصلة او ملف سلكي يتناسب طرديا مع المعدل الزمني للتغير في الفيض المغناطيسي الذي يخترق الحلقة او الملف) .
ويعبر عن قانون فراداي بالصيغة الرياضية الاتية :

$$\varepsilon_{ind} \alpha -\frac{\Delta\Phi_B}{\Delta t} \Rightarrow \quad \varepsilon_{ind} = -N\frac{\Delta\Phi_B}{\Delta t} \quad , \quad \Delta\Phi_B = \Phi_{B2} - \Phi_{B1}$$

(الى $\Phi_{B2}$ ، من $\Phi_{B1}$)

حيث :
$\varepsilon_{ind}$ : معدل القوة الدافعة الكهربائية المحتثة المتولدة على طرفي الملف السلكي او الحلقة وتكون بقطبية سالبة عند نمو الفيض (عند الاقتراب) وتكون بقطبية موجبة عن تلاشي الفيض (عند الابتعاد) ووحدتها فولط (V).
N : عدد اللفات (حيث N=1 للحلقة) .
$\frac{\Delta\Phi_B}{\Delta t}$ : المعدل الزمني لتغير الفيض المغناطيسي بوحدة (wb/s).
$\Delta\Phi_B$ : التغير بالفيض المغناطيسي بوحدة (wb) ويكون التغير بالفيض موجب عند نمو الفيض (تزايد الفيض) لان ($\Phi_{B2} > \Phi_{B1}$) ويكون سالب عند تلاشي الفيض لان ($\Phi_{B2} < \Phi_{B1}$).
اما الاشارة السالبة في القانون فهي للدلالة على قطبية القوة الدافعة الكهربائية المحتثة وهي تعني ان القوة الدافعة الكهربائية المحتثة تعاكس التغير بالفيض المغناطيسي الذي سبب حثها او الذي ولدها وفقا لقانون لنز.

$$\because \ \Phi_B = AB\cos\theta \quad \Rightarrow \quad \Delta\Phi_B = \Delta(AB\cos\theta)$$

حيث ان التغير بالفيض المغناطيسي يحصل اما بتغير كثافة الفيض المغناطيسي او بتغير المساحة او بتغير الزاوية اثناء الدوران وبالتالي فان :

$$\Delta\Phi_B = A(\Delta B)\cos\theta \quad or \quad \Delta\Phi_B = B(\Delta A)\cos\theta \quad or \quad \Delta\Phi_B = AB(\Delta\cos\theta)$$

$$(\Delta B = B_2 - B_1) \qquad (\Delta A = A_2 - A_1) \qquad (\Delta\cos\theta = \cos\theta_2 - \cos\theta_1)$$

وبعد التعويض في قانون فراداي نحصل على ثلاث صيغ اخرى للقانون واعتمادا على العوامل التي يعتمد عليها الفيض وهي :

$$\varepsilon_{ind} = -NA\frac{\Delta B}{\Delta t}\cos\theta \quad or \quad \varepsilon_{ind} = -NB\frac{\Delta A}{\Delta t}\cos\theta \quad or \quad \varepsilon_{ind} = -NAB\frac{\Delta\cos\theta}{\Delta t}$$

- عندما يكون الملف جزء من دائرة خارجية مقفلة مقاومتها الكلية (R)(وتمثل مجموع مقاومات الدائرة) فسوف ينساب تيار في هذه الدائرة يدعى بالتيار المحتث ($I_{ind}$) يحسب وفقا لقانون اوم وكما يلي :

$$I_{ind} = \frac{\varepsilon_{ind}}{R}$$

- عندما يدور ملف عدد لفاته (N) ومساحة اللفة الواحدة (A) (بوحدة $m^2$) بسرعة زاوية (ω) منتظمة (بوحدة rad/sec) وفي مجال مغناطيسي كثافة فيضه (B) منتظمة بوحدة (T) فان الفيض المغناطيسي الذي يخترق اللفة الواحدة من الملف يتغير دوريا مع الزمن لذلك ووفقا لقانون فراداي في الحث الكهرومغناطيسي سوف تتولد قوة دافعة كهربائية محتثة انية (لحظية) جيبية الموجة (بشكل موجة sine) يتغير مقدارها وينعكس اتجاهها

دوريا مع الزمن بين $(+\varepsilon_m)$ و $(-\varepsilon_m)$ مرتين في الدورة الواحدة . ويعبر عنها رياضيا كما يلي :

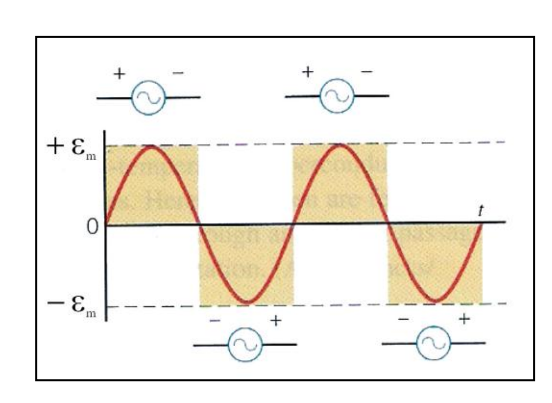
$$\varepsilon_{ins} = \varepsilon_{max} \sin(\omega t)$$

حيث :

$\varepsilon_{ins}$ : المقدار الآني للفولطية المحتثة (الفولطية المحتثة في أية لحظة) .

$\varepsilon_{max}$ : المقدار الأعظم للفولطية (ذروة الفولطية) ويحسب من العلاقة الاتية :

$$\varepsilon_{max} = NA\omega B \quad , \quad \omega = 2\pi f$$




$\omega t$ : زاوية الطور (زاوية الازاحة) بوحدة rad.

f : التردد ويقاس بوحدة هرتز (Hertz) ويرمز له (Hz) حيث (Hz=1/sec) .

- توضح المعادلة ( $\varepsilon_{ins} = \varepsilon_m \sin(\omega t)$ ) ان الفولطية المحتثة الآنية تتغير جيبيا مع الزمن فهي دالة جيبية (انظر الشكل).

## ملاحظات على قانون فراداي:

1- تتولد قوة دافعة كهربائية محتثة $(\varepsilon_{ind})$ بمقدار اكبر كلما كان المعدل الزمني للتغير بالفيض المغناطيسي ( $\frac{\Delta\Phi_B}{\Delta t}$ ) الذي يخترق الحلقة او الملف كبيرا (تناسب طردي) او كلما زاد عدد لفات الملف (N) (تناسب طردي).

2- يكون الفيض المغناطيسي $(\Phi_B)$ في مقداره الأعظم عندما يكون مستوي الحلقة الموصلة او الملف عموديا على المجال المغناطيسي وينعدم الفيض المغناطيسي $(\Phi_B=0)$ عندما يصبح مستوي الحلقة او الملف موازيا للمجال المغناطيسي أي عندما يدور الملف ربع دورة او $90^o$ او $\frac{\pi}{2}$ rad .

3- عندما تدور الحلقة او الملف من الوضع الذي يكون مستواها عمودي على المجال إلى الوضع الذي يكون مستواها مواز للمجال (أي عندما تدور الحلقة او الملف ربع دورة) يتلاشى الفيض المغناطيسي في هذه الحالة (ينعدم الفيض المغناطيسي) .

4- اذا وردت في السؤال احدى العبارات الاتية (انعكس المجال او دار الملف نصف دورة او قلب الملف) فان لايجاد $(\varepsilon_{ind})$ طريقتين :

الطريقة الاولى هي باستخدام الصيغة ( $\varepsilon_{ind} = -NA\frac{\Delta B}{\Delta t}\cos\theta$ ) وذلك بجعل كثافة الفيض المغناطيسي في الحالة الثانية تساوي كثافة الفيض المغناطيسي في الحالة الاولى مقدارا وتعاكسها اتجاها أي ان ( $B_2 = -B_1$ ) لذلك فان $(\Delta B=-2B)$ .

الطريقة الثانية هي باستخدام الصيغة ( $\varepsilon_{ind} = -NAB\frac{\Delta\cos\theta}{\Delta t}$ ) وذلك بجعل زاوية الوضع الثاني تساوي $180^o$ أي ان ( $\theta_2 = 180°$ ) .

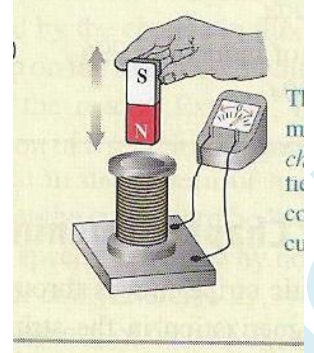
س/ علامَ يعتمد مقدار القوة الدافعة الكهربائية المحتثة في قانون فراداي والمتولدة على طرفي ملف ؟

ج/ يعتمد على : (1) عدد لفات الملف . (2) المعدل الزمني لتغير الفيض المغناطيسي.

س/ ماذا يحصل اذا تغير الفيض المغناطيسي لوحدة الزمن الذي يخترق حلقة موصلة؟

ج/ تتولد قوة دافعة كهربائية محتثة اذا كانت الحلقة مفتوحة او يتولد تيار محتث اذا كانت الحلقة مقفلة.

س/ علامَ تعتمد قطبية القوة الدافعة الكهربائية المحتثة في قانون فراداي؟
ج/ تعتمد على الفيض المغناطيسي فيما اذا كان متزايدا او متناقصا.
س/ علامَ تدل الاشارة السالبة في قانون فراداي في الحث الكهرومغناطيسي؟
ج/ تدل على قطبية القوة الدافعة الكهربائية المحتثة وهذه القطبية تحدد اتجاه التيار المحتث في الحلقة او الملف.
او (تدل على ان القوة الدافعة الكهربائية المحتثة تعاكس المسبب الذي ولدها وهو المعدل الزمني لتغير الفيض المغناطيسي).
س/ ما الذي يتطلب توافره في دائرة مقفلة لتوليد ؟ (a) تيار كهربائي . (b) تيار محتث
ج/ (a) يتطلب توافر مصدر للقوة الدافعة الكهربائية تجهزها بطارية مثلا او يجهزها مولد في تلك الدائرة.
(b) توافر قوة دافعة كهربائية محتثة والتي تتولد بوساطة تغير الفيض المغناطيسي الذي يخترق تلك الدائرة لوحدة الزمن.
س/ علامَ تعتمد ذروة الفولطية ؟
ج/ تعتمد على :
1- عدد لفات الملف (N) 2- مساحة اللفة الواحدة (A) 3- كثافة الفيض المغناطيسي (B) 4- السرعة الزاوية (ω)
س/ متى تكون الفولطية المحتثة والمتولدة من تدوير ملف نواة المولد جيبية الموجة؟
ج/ 1- عندما تدور النواة بسرعة زاوية منتظمة 2- عندما يكون الفيض المغناطيسي منتظم
س/ ماذا ينتج من تدوير ملف بسرعة زاوية منتظمة وداخل مجال مغناطيسي منتظم؟
ج/ تنتج فولطية محتثة متناوبة جيبية الموجة .
**مثال3(كتاب)/** الشكل (33) يوضح ملفا يتألف من 50 لفة متماثلة ومساحة اللفة الواحدة $(20cm^2)$ . فإذا تغيرت كثافة الفيض المغناطيسي الذي يخترق الملف من (0.0T) إلى (0.8T) خلال زمن 0.4s احسب:
1- معدل القوة الدافعة الكهربائية المحتثة $(\varepsilon_{ind})$ في الملف .
2- مقدار التيار المنساب في الدائرة إذا كان الملف مربوط بين طرفي كلفانوميتر والمقاومة الكلية في الدائرة $(80\Omega)$.



الشكل (33)

الحل

$$1- \quad \Delta B = B_2 - B_1 = 0.8 - 0 = 0.8T$$

$$A = 20cm^2 = 20\times10^{-4} = 2\times10^{-3}m^2$$

$$\varepsilon_{ind} = -NA\frac{\Delta B}{\Delta t}\cos\theta = -50\times2\times10^{-3}\times\frac{0.8}{0.4}\cos0 = -0.2V$$

$$2- \quad I_{ind} = \frac{\varepsilon_{ind}}{R} = \frac{0.2}{80} = 25\times10^{-4}A$$

**قانون لنز :**
س/ ما المقصود بقانون لنز ؟ وما الفائدة العملية من تطبيقه؟
ج/ التيار المحتث في دائرة كهربائية مقفلة يمتلك اتجاها بحيث ان مجاله المغناطيسي المحتث يكون معاكسا بتأثيره للتغير في الفيض المغناطيسي الذي ولد هذا التيار.
**الفائدة العملية منه :**
ج/1- لتحديد اتجاه التيار المحتث في دائرة كهربائية مقفلة . 2- يعد قانون لنز تطبيقا لقانون حفظ الطاقة.

## ملاحظات على قانون لنز

- عندما ينساب تيار محتث في حلقة او ملف سلكي نتيجة الاقتراب او الابتعاد فان هذا التيار سوف يولد مجال مغناطيسي محتث $(\vec{B}_{ind})$ في تلك الحلقة او الملف ويكون المجالان الخارجي المؤثر $(\vec{B})$ والمحتث في الحلقة او الملف $(\vec{B}_{ind})$ اما باتجاهين متعاكسين (في حالة الاقتراب) او يكونان باتجاه واحد (في حالة الابتعاد) .
- بما ان المجالين الخارجي والمحتث متعاكسين عند الاقتراب لذلك يتولد في وجه الحلقة او الملف المقابل للقطب المؤثر قطبا مماثلا له ، فعندما يكون القطب المقترب شمالي يصبح الوجه المقابل له شمالي ايضا وعندما يكون القطب المقترب جنوبي يصبح الوجه المقابل له جنوبي ايضا لذلك تتولد بين القطبين الخارجي والمحتث قوة مغناطيسية معيقة للحركة هي قوة تنافر.
- بما ان المجالين الخارجي والمحتث باتجاه واحد عند الابتعاد لذلك يتولد في وجه الحلقة او الملف المقابل للقطب المؤثر قطبا مخالفا له فعندما يكون القطب المبتعد شمالي يصبح الوجه المقابل له جنوبي وعندما يكون القطب المبتعد جنوبي يصبح الوجه المقابل له شمالي لذلك تتولد بين القطبين الخارجي والمحتث قوة مغناطيسية معيقة للحركة هي قوة تجاذب.
- في كلا الحالتين عند الاقتراب او عند الابتعاد يتطلب انجاز شغل ميكانيكي للتغلب على قوة التنافر او للتغلب على قوة التجاذب وهذا الشغل الميكانيكي يتحول الى طاقة كهربائية.
- في حالة النظر الى احد وجهي حلقة موصلة وكان التيار المنساب فيه باتجاه دوران عقارب الساعة فان هذا الوجه سيصبح قطبا جنوبيا وهذه الحالة تحصل عند اقتراب قطب جنوبي من وجه الحلقة او ابتعاد قطب شمالي عنه.
- وفي حالة النظر الى احد وجهي حلقة موصلة وكان التيار المنساب فيه باتجاه معاكس لاتجاه دوران عقارب الساعة فان هذا الوجه سيصبح قطبا شماليا وهذه الحالة تحصل عند اقتراب قطب شمالي من وجه الحلقة او ابتعاد قطب جنوبي عنه.

**س/ لماذا يعد قانون لنز تطبيقا لقانون حفظ الطاقة؟**

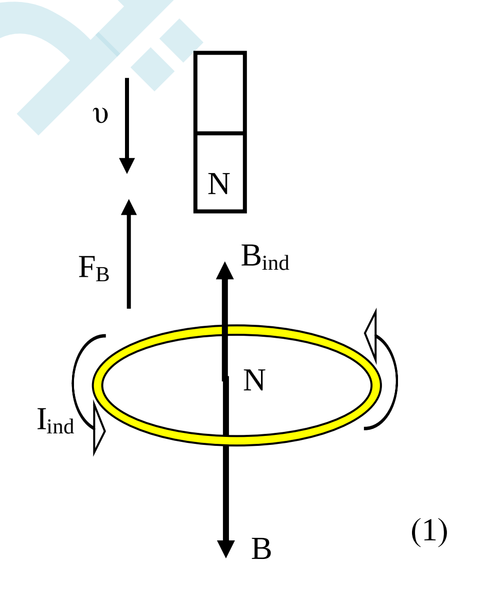
ج/ لأنه في حالتي اقتراب المغناطيس او ابتعاده نسبة إلى الحلقة الموصلة يتطلب انجاز شغل ميكانيكي للتغلب اما على قوة التنافر (في حالة الاقتراب) او قوة التجاذب (في حالة الابتعاد) ويتحول هذا الشغل المنجز إلى نوع آخر من الطاقة في الحمل (عندما تكون الحلقة مربوطة إلى حمل).

**س/ ميز بين كثافة الفيض المغناطيسي الخارجي $(\vec{B})$ وكثافة الفيض المغناطيسي المحتث $(\vec{B}_{ind})$ الذي يولده التيار المحتث؟**

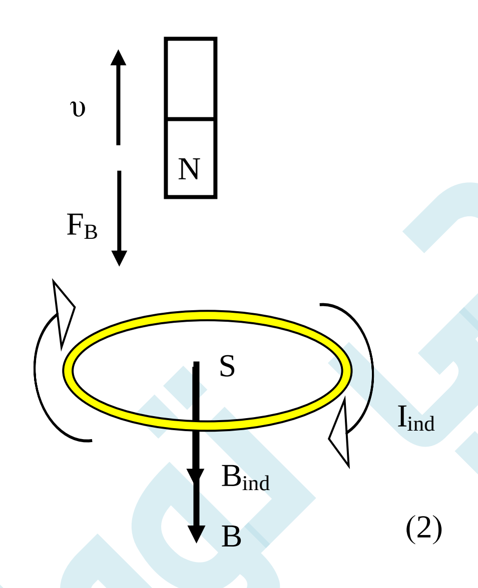
ج/ يتسبب التغير في الفيض المغناطيسي الخارجي في دائرة كهربائية مقفلة في توليد التيار المحتث وفقا لقانون فراداي في الحث الكهرومغناطيسي .
اما كثافة الفيض المغناطيسي المحتث والذي ولده التيار المحث فهو يعاكس بتاثيره للتغير بالفيض المغناطيسي الخارجي (العامل المسبب في توليد التيار المحتث) على وفق قانون لنز.

## جدول يوضح قانون لنز :

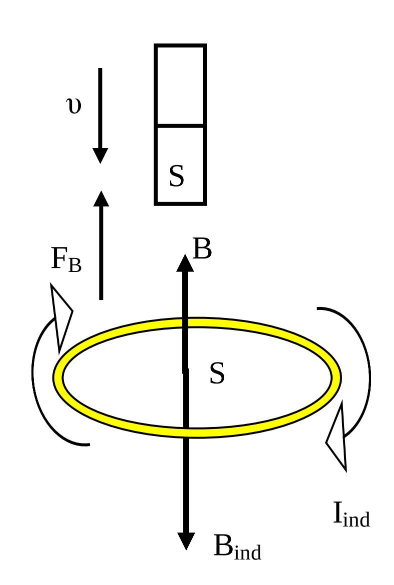
| ت | القطب المؤثر | اتجاه B | الحالة | القطب المحتث | اتجاه $B_{ind}$ | $\Delta\Phi_B$ | $\varepsilon_{ind}$ | اتجاه $I_{ind}$ | نوع $F_B$ | اتجاه $F_B$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | N | نحو الاسفل | اقتراب | N | نحو الاعلى | نمو(+) | (-) | عكس عقرب الساعة | تنافر | نحو الاعلى |
| 2 | N | نحو الاسفل | ابتعاد | S | نحو الاسفل | تلاشي (-) | (+) | باتجاه عقرب الساعة | تجاذب | نحو الاسفل |
| 3 | S | نحو الاعلى | اقتراب | S | نحو الاسفل | نمو (+) | (-) | باتجاه عقرب الساعة | تنافر | نحو الاعلى |
| 4 | S | نحو الاعلى | ابتعاد | N | نحو الاعلى | تلاشي (-) | (+) | عكس عقرب الساعة | تجاذب | نحو الاسفل |



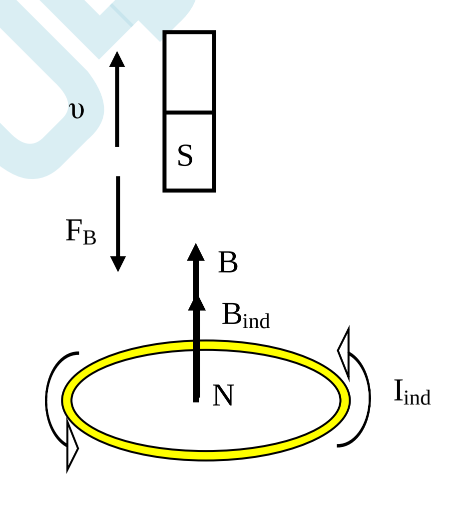
(1)



(2)



(3)

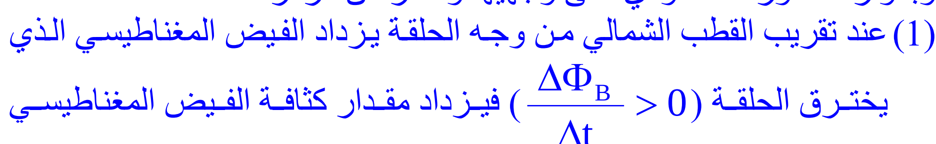


(4)

س/ كيف عمليا كيف يمكن للتيار المحتث ان يولد مجالا مغناطيسيا محتثا يعاكس بتاثيره للمسبب الذي ولده؟

ج/ نعمل على تحريك ساق مغناطيسية بالقرب من وجه حلقة موصلة مقفلة وبموازاة محورها العمودي على وجهيها والمار من مركزها

(1) عند تقريب القطب الشمالي من وجه الحلقة يزداد الفيض المغناطيسي الذي



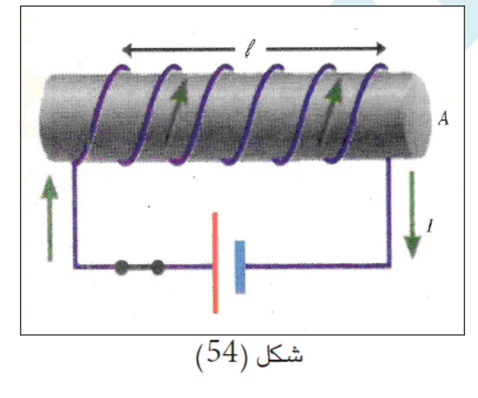
يخترق الحلقة ( $\frac{\Delta\Phi_B}{\Delta t} > 0$ ) فيزداد مقدار كثافة الفيض المغناطيسي ( $\frac{\Delta B}{\Delta t} > 0$ ) ويكون اتجاه كثافة الفيض المغناطيسي $(\vec{B})$ المؤثر نحو الأسفل لذا يكون اتجاه التيار المحتث معاكسا لاتجاه دوران عقارب الساعة (على وفق قاعدة الكف اليمنى للملف) فيولد مجالا مغناطيسيا محتثا ( $\vec{B}_{ind}$ ) اتجاهه نحو الأعلى (لاحظ الشكل) معاكسا لاتجاه المجال المغناطيسي المؤثر لكي يحاول ان يقاوم التزايد في الفيض المغناطيسي الذي ولد التيار المحتث فيتولد في وجه الحلقة المقابل للقطب الشمالي (N) قطبا شماليا (N) فيتنافر مع القطب الشمالي المقترب منه (على وفق قانون لنز) .

(2) عند ابعاد القطب الشمالي من وجه الحلقة يتناقص الفيض المغناطيسي الذي يخترق الحلقة ( $\frac{\Delta\Phi_B}{\Delta t} < 0$ ) فيتناقص مقدار كثافة الفيض المغناطيسي ( $\frac{\Delta B}{\Delta t} < 0$ ) ويكون اتجاه كثافة الفيض المغناطيسي $(\vec{B})$ المؤثر نحو الأسفل لذا يكون اتجاه التيار المحتث مع اتجاه دوران عقارب الساعة (على وفق قاعدة الكف اليمنى للملف) فيولد مجالا مغناطيسيا محتثا ( $\vec{B}_{ind}$ ) اتجاهه نحو الأسفل (لاحظ الشكل) باتجاه المجال المغناطيسي المؤثر لكي يحاول ان يقاوم التناقص في الفيض المغناطيسي الذي ولد التيار المحتث فيتولد في وجه الحلقة المقابل للقطب الشمالي (N) قطبا جنوبيا (S) فيتجاذب مع القطب الشمالي (N) المبتعد عنه (على وفق قانون لنز).

**س/ اشرح تجربة توضح ظاهرة الحث الذاتي .**



ج/



شكل (54)

- نربط دائرة كهربائية مؤلفة من ملف وبطارية ومفتاح على التوالي .
- لحظة اغلاق المفتاح يتزايد التيار المار في الملف من الصفر الى مقداره الثابت .
- ان التغير في التيار المار في الملف يتسبب في حصول تغير في الفيض المغناطيسي الذي يخترق الملف نفسه .
- التغير بالفيض المغناطيسي بدوره يولد قوة دافعة كهربائية محتثة ذاتية ( $\varepsilon_{ind}$ ) على طرفي الملف تقاوم التغير بالتيار المنساب في الملف نفسه المسبب في توليدها على وفق قانون لنز وتسمى هذه الظاهرة بظاهرة الحث الذاتي.

س/ ما المقصود بظاهرة الحث الذاتي ؟

ج/ هي ظاهرة توليد قوة دافعة كهربائية محتثة ذاتية على طرفي ملف نتيجة لتغير التيار المنساب لوحدة الزمن في الملف نفسه .

## مقدمة حول الحث الذاتي :

**عند ربط ملف وبطارية ومفتاح على التوالي فانه :**

❖ لحظة غلق الدائرة : ينمو التيار من الصفر الى قيمته الثابتة فيكون المعدل الزمني لتغير التيار (موجب) $(\frac{\Delta I}{\Delta t} > 0)$ لذلك تتولد قوة دافعة كهربائية محتثة ذاتية $(\varepsilon_{ind})$ على طرفي الملف بقطبية سالبة وفقا لقانون لنز.

❖ لحظة فتح الدائرة : يتلاشى التيار من قيمته الثابتة الى الصفر فيكون المعدل الزمني لتغير التيار (سالب) $(\frac{\Delta I}{\Delta t} < 0)$ لذلك تتولد قوة دافعة كهربائية محتثة ذاتية $(\varepsilon_{ind})$ على طرفي الملف بقطبية موجبة وفقا لقانون لنز.

❖ بعد مدة من غلق المفتاح يثبت التيار المار في الملف فيكون المعدل الزمني لتغير التيار (صفر)$(\frac{\Delta I}{\Delta t} = 0)$ فلا تتولد قوة دافعة كهربائية محتثة ذاتية $(\varepsilon_{ind})$ على طرفي الملف .

**حساب القوة الدافعة الكهربائية المحتثة الذاتية$(\varepsilon_{ind})$ في الملف:**

❖ ان معدل القوة الدافعة الكهربائية المحتثة الذاتية المتولدة على طرفي الملف نتيجة لتغير التيار المناسب فيه (تغير التيار في الملف يتسبب في حصول تغير في الفيض المغناطيس الذي يخترق الملف) تتناسب طرديا مع المعدل الزمني لتغير التيار المار في الملف نفسه أي ان : $(\varepsilon_{ind} \alpha - \frac{\Delta I}{\Delta t})$ .

**قانون الحث الذاتي**

$$\varepsilon_{ind} = -L \frac{\Delta I}{\Delta t}$$

اما $(\Delta I)$ فيعبر عنه كما يلي :

**اذا تغير التيار (من – الى)**

$$\Delta I = \underset{\text{الى}}{I_2} - \underset{\text{من}}{I_1}$$

اما اذا انعكس اتجاه التيار فان $(I_2 = -I_1)$ لذلك فان :

**اذا انعكس اتجاه التيار**

$$\Delta I = -2I$$

حيث :

$\varepsilon_{ind}$: القوة الدافعة الكهربائية المحتثة الذاتية وتكون قطبيتها سالبة عند نمو التيار من الصفر الى مقداره الاعظم وتكون قطبيتها موجبة عند تلاشي التيار من المقدار الاعظم الى الصفر.

$L$ : معامل الحث الذاتي للملف وهو خاصية من خواص كل ملف وهو ثابت للملف الواحد لا يتغير الا بتغير خواص ذلك الملف ويكون موجب دائما .

لذلك بموجب هذا التعريف فان معامل الحث الذاتي يحسب وفقا للعلاقة الآتية:

**حساب معامل الحث الذاتي بموجب تعريفه**

$$L = -\frac{\varepsilon_{ind}}{\frac{\Delta I}{\Delta t}}$$

ويقاس معامل الحث الذاتي (L) في النظام الدولي للوحدات بوحدة الهنري (Henry) وتختصر (H)
حيث : Henry =Volt. second/Ampere
وهنالك أجزاء الهنري مثل الملي هنري (mH) والمايكروهنري (μH) .
$(\frac{\Delta I}{\Delta t})$ : المعدل الزمني لتغير التيار بوحدة (A/s).

❖ ان الفيض المغناطيسي الذي يخترق ملف يتناسب طرديا مع مقدار التيار المنساب في الملف لذلك فان العلاقة بين الفيض المغناطيسي الذي يخترق الملف والتيار هي :

**العلاقة بين الفيض الكلي والتيار**

$$N\Phi_B = L\,I$$

حيث تسمى الكمية $(N\Phi_B)$ الفيض المغناطيسي الذي يخترق الملف (الفيض المغناطيسي الكلي) ويقاس بوحدة (wb)
اما $(\Phi_B)$ الفيض المغناطيسي الذي يخترق لفة واحدة من لفات الملف ويقاس بوحدة (wb).

❖ اما التغير بالفيض المغناطيسي الذي يخترق الملف فهو يتناسب طرديا مع التغير بالتيار المنساب في الملف لذلك فان العلاقة بين التغير بالفيض المغناطيسي الذي يخترق الملف وتغير التيار هي :

**العلاقة بين التغير بالفيض الكلي والتغير بالتيار**

$$N\Delta\Phi_B = L\Delta I$$

وتسمى الكمية $(N\Delta\Phi_B)$ بالتغير بالفيض المغناطيسي الذي يخترق الملف بوحدة (wb) بينما $(\Delta\Phi_B)$ التغير بالفيض المغناطيسي الذي يخترق كل لفة من لفات الملف بوحدة (wb)
لذلك اذا كان المطلوب ايجاد الفيض المغناطيسي او التغير بالفيض المغناطيسي الذي يخترق الملف لا نعوض عن عدد اللفات (N) بينما اذا كان المطلوب ايجاد الفيض المغناطيسي او التغير بالفيض المغناطيسي الذي يخترق لفة واحدة من لفات الملف نعوض عن عدد اللفات (N).

**س/ اشتق علاقة لحساب القوة الدافعة الكهربائية المحتثة الذاتية .**

ج/

$$N\Phi_B \,\alpha\, I \quad\Rightarrow\quad N\Phi_B = L\,I \quad\Rightarrow\quad \Delta(N\Phi_B) = \Delta(L\,I) \quad\Rightarrow\quad N\Delta\Phi_B = L\,\Delta I$$

$$N\frac{\Delta\Phi_B}{\Delta t} = L\frac{\Delta I}{\Delta t} \quad\Rightarrow\quad -N\frac{\Delta\Phi_B}{\Delta t} = -L\frac{\Delta I}{\Delta t}$$

$$\because\ \varepsilon_{ind} = -N\frac{\Delta\Phi_B}{\Delta t} \quad\Rightarrow\quad \varepsilon_{ind} = -L\frac{\Delta I}{\Delta t}$$

سعيد محي تومان

**س/ ما المقصود بمعامل الحث الذاتي لملف ؟ وعلامَ يعتمد مقداره؟**

ج/ هو نسبة القوة الدافعة الكهربائية المحتثة الذاتية المتولدة على طرفي ملف الى المعدل الزمني لتغير التيار المار في الملف نفسه .

ويعتمد مقداره على :

1- عدد لفات الملف 2- حجم الملف 3- الشكل الهندسي للملف 4- النفوذية المغناطيسية لمادة قلب الملف.

**س/ ما المقصود بالهنري ؟**

ج/ هو وحدة معامل الحث الذاتي لملف اذا تغير التيار المار فيه بمعدل امبير لكل ثانية تتولد قوة دافعة كهربائية محتثة على طرفيه مقدارها فولطا واحدا .

## الطاقة المختزنة في المحث :

يعبر عن الطاقة المغناطيسية المختزنة في المجال المغناطيسي للمحث وفقا للعلاقة الاتية :

$$PE = \frac{1}{2} L I^2$$

- تقاس الطاقة المغناطيسية (PE) بالجول (J) عندما يكون معامل الحث الذاتي بالهنري (H) والتيار بالامبير (A)
- يعتبر المحث ملف مهمل المقاومة أي ان مقاومته تساوي صفر وهذا يعني ان المحث لا يتسبب في ضياع الطاقة.

**س/ علامَ تعتمد الطاقة المغناطيسية المختزنة في المجال المغناطيسي لمحث؟**

ج/ تعتمد الطاقة المختزنة في المحث على :

1- معامل الحث الذاتي للمحث (تناسب طردي) . 2- مربع التيار المار في المحث (تناسب طردي).

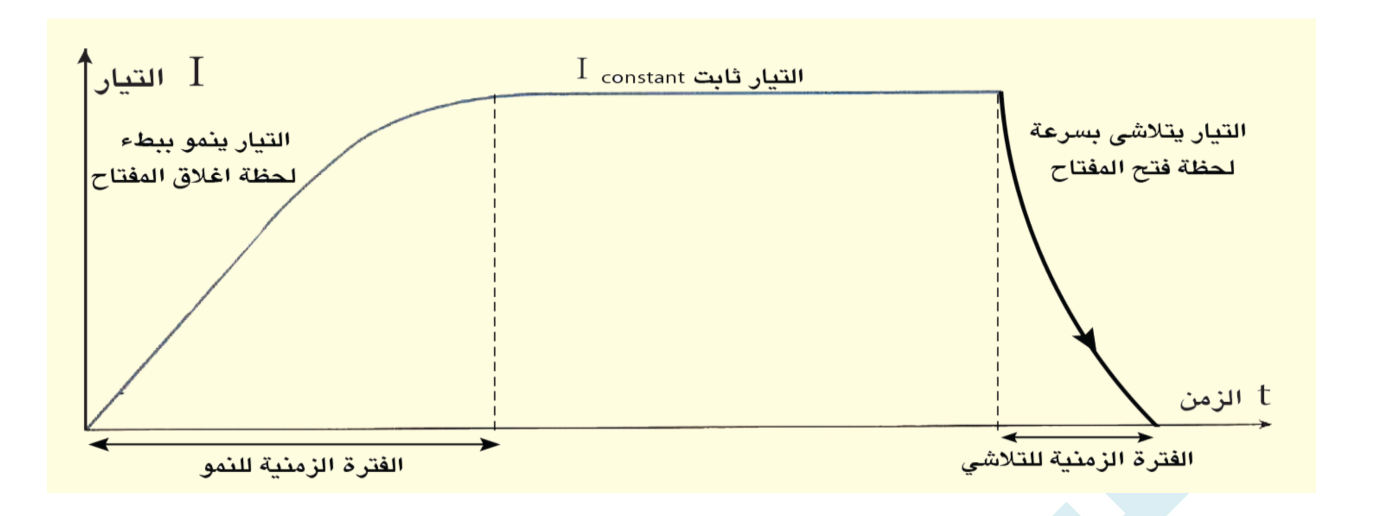
**س/ بثبوت معامل الحث الذاتي لملف وضح ماذا يحصل ؟ ولماذا ؟ للطاقة المغناطيسية المختزنة لو تضاعف التيار المنساب فيه.**

ج/ تصبح الطاقة المختزنة اربعة امثال ماكانت عليه وذلك لانها تتناسب طرديا مع مربع التيار بثبوت معامل الحث الذاتي للملف وفقا للعلاقة $(PE = \frac{1}{2} L I^2)$

**س/ اشتق الهنري بالوحدات الاساسية ؟**

ج/

$$H = \frac{V}{A/sec} = \frac{V.sec}{A} = \frac{\frac{J}{C}.sec}{A} = \frac{J.sec}{A.C} = \frac{N.m.sec}{A.A.sec} = \frac{kg.\frac{m}{sec^2}.m}{A^2} = \frac{kg.m^2}{A^2.sec^2}$$




**معادلة الدائرة الحثية :**

**في الدائرة الحثية وبصورة عامة فان :**

$$V_{app} = V_{net} + \varepsilon_{ind}$$

$V_{app}$: الفولطية الموضوعة او الطبقة على طرفي الملف .

$V_{net}$ : صافي الفولطية (فرق الجهد على طرفي المقاومة) ويعبر عنه وفقا لقانون اوم وكما يلي : ($V_{net}=I_{ins}R$).

$\varepsilon_{ind}$ : القوة الدافعة الكهربائية المحتثة على طرفي الملف ويعبر عنها رياضيا اما من قانون الحث الذاتي او من قانون فراداي كما يلي : ( $\varepsilon_{ind} = N\dfrac{\Delta\Phi_B}{\Delta t}$ or $\varepsilon_{ind} = L\dfrac{\Delta I}{\Delta t}$ ).

وبعد التعويض عن ($V_{net}$) و ( $\varepsilon_{ind}$ ) في المعادلة العامة نحصل على :

$$V_{app} = I_{ins}R + N\frac{\Delta\Phi_B}{\Delta t}$$

or

$$V_{app} = I_{ins}R + L\frac{\Delta I}{\Delta t}$$

or

$$V_{app} = I_{ins}R + \varepsilon_{ind}$$

$I_{ins}$: التيار الاني (اللحظي) ويتغير من صفر **(لحظة غلق المفتاح)** الى مقداره الاعظم **(بعد مدة من غلق المفتاح)** وكما يلي :

- لحظة غلق المفتاح ($I_{ins}=0$) لذلك يهمل الحد الاول من المعادلات وتكتب بصورة خاصة وكما يلي :

$$V_{app}=L\frac{\Delta I}{\Delta t} \quad \text{or} \quad V_{app}=N\frac{\Delta\Phi_B}{\Delta t} \quad \text{or} \quad V_{app}=\varepsilon_{ind}$$

- بعد غلق المفتاح بلحظات يتولد تيار اني في الدائرة ($I_{const}>I_{ins}>0$) لذلك تطبق المعادلات كاملة .
في هذه اللحظة فان التيار الاني يمكن ان يعطى كنسبة مئوية من قيمته الثابتة ويعبر عنه كما يلي :

$$I_{ins}=x\%I_{const}$$

وفي هذه الحالة ايضا يعبر عن التيار الاني وفقا لقانون اوم (عندما تكون القوة الدافعة الكهربائية المحتثة معلومة المقدار) وكالاتي :

$$I_{ins}=\frac{V_{app}-\varepsilon_{ind}}{R}$$

- بعد مدة من غلق المفتاح **(أي عند وصول التيار الى قيمته الثابتة)** ($I_{ins}=I_{const}$) يهمل الحد الثاني من المعادلات لان ($\frac{\Delta\Phi_B}{\Delta t}=0$ , $\frac{\Delta I}{\Delta t}=0$ , $\varepsilon_{ind}=0$) لذلك :

$$V_{app}=I_{const}R \quad \Rightarrow \quad I_{const}=\frac{V_{app}}{R}$$

اما ($\varepsilon_{ind}$) فتتغير من قيمتها العظمى **(لحظة غلق المفتاح)** الى الصفر (بعد مدة من غلق المفتاح أي عند وصول التيار الى قيمته العظمى) لذلك يعبر عنها رياضيا كما يلي :

$$\varepsilon_{ind}=V_{app}$$

لحظة غلق المفتاح

or

$$\varepsilon_{ind}=V_{app}-I_{ins}R$$

من المعادلة

or

$$\varepsilon_{ind}=x\%V_{app}$$

من النسبة المئوية عندما تعطى القوة الدافعة نسبة مئوية من الفولطية الموضوعة

or

$$\varepsilon_{ind} = -L\frac{\Delta I}{\Delta t}$$ من قانون الحث الذاتي

or

$$\varepsilon_{ind} = -N\frac{\Delta \Phi_B}{\Delta t}$$ من قانون الحث الذاتي

or

$$\varepsilon_{ind} = 0$$ بعد مدة من غلق المفتاح أي عند وصول التيار الى مقداره الاعظم (الثابت)

## ملاحظة /

يمكن حساب النسبة المئوية للقوة الدافعة الكهربائية المحتثة من النسبة المئوية للتيار حيث النسبة المئوية للقوة الدافعة الكهربائية المحتثة في هذه الحالة تساوي (100%) مطروح منها النسبة المئوية للتيار . كذلك يمكن حساب النسبة المئوية للتيار من النسبة المئوية للقوة الدافعة الكهربائية المحتثة حيث النسبة المئوية للتيار في هذه الحالة تساوي (100%) مطروح منها النسبة المئوية للقوة الدافعة الكهربائية المحتثة.

س/ علامَ يعتمد الفيض المغناطيسي الذي يخترق ملف ينساب فيه تيار ؟
ج/ يعتمد على مقدار التيار المنساب في الملف ويتناسب معه طرديا.
س/ علامَ يعتمد تغير الفيض المغناطيسي الذي يخترق ملف ينساب فيه تيار ؟
ج/ يعتمد على تغير التيار المار في الملف ويتناسب معه طرديا.
س/ لماذا يكون زمن تنامي التيار من الصفر إلى مقداره الثابت كبيرا في الملف ؟
ج/ بسبب خاصية الحث الذاتي للملف وتولد قوة دافعة كهربائية محتثة ذاتية بقطبية معاكسة للفولطية الموضوعة على الملف فهي تعرقل التزايد في التيار.
س/ لماذا يكون زمن تلاشي التيار من مقداره الاعظم إلى الصفر صغيرا نسبة الى زمن تناميه؟
ج/ وذلك بسبب ظهور فجوة هوائية بين جزئي المفتاح تجعل مقاومة الدائرة كبيرة جدا.
س/ اكتب العلاقة الرياضية التي تعطى فيها الفولطية في دائرة تيار مستمر تحتوي ملفا وبطارية ومفتاحا في الحالات الاتية :
(a) عند انسياب تيار متزايد المقدار في الملف . (b) عند انسياب تيار متناقص المقدار في الملف.
ج/

(a) $V_{app} - \varepsilon_{ind} = I_{ins}R$

(b) $V_{app} + \varepsilon_{ind} = I_{ins}R$

## خلاصة

1- عندما ينساب تيار ثابت المقدار خلال الملف (I=costant) فان ($\frac{\Delta I}{\Delta t} = 0$) لذلك فهو يولد فيضا مغناطيسيا ثابت المقدار خلال الملف ($\Phi_B$ =constant) لذا فان ($\frac{\Delta \Phi_B}{\Delta t} = 0$) لذلك فالتيار الثابت لا يتسبب في تولد قوة

دافعة كهربائية محتثة $(\varepsilon_{ind})$ على طرفي الملف أي ان : $(\varepsilon_{ind} = L\frac{\Delta I}{\Delta t} = 0)$ لذلك فان صافي الفولطية في الدائرة $(V_{net})$ يعطى بالعلاقة التالية :

$$V_{app} = V_{net} \quad \Rightarrow \quad V_{app} = I_{const}R$$

2- عندما ينساب تيار متزايد في الملف $(\frac{\Delta I}{\Delta t} > 0)$ يولد فيضا مغناطيسيا خلال الملف متزايدا ايضا $(\frac{\Delta \Phi}{\Delta t} > 0)$
ونتيجة لذلك تتولد قوة دافعة كهربائية محتثة $(\varepsilon_{ind})$ على طرفي الملف بقطبية معاكسة للفولطية الموضوعة على طرفي الملف فهي تعرقل التزايد في التيار وعندئذ يعطى صافي الفولطية $(V_{net})$ في الدائرة بالعلاقة الآتية:

$$V_{net} = V_{app} - \varepsilon_{ind} \quad \Rightarrow \quad V_{app} - \varepsilon_{ind} = I_{ins}.R$$

3 عندما ينساب تيار متناقص في الملف $(\frac{\Delta I}{\Delta t} < 0)$ يولد فيضا مغناطيسيا خلال الملف متناقصا ايضا$(\frac{\Delta \Phi}{\Delta t} < 0)$
ونتيجة لذلك تتولد قوة دافعة كهربائية محتثة $(\varepsilon_{ind})$ على طرفي الملف بالقطبية نفسها للفولطية الموضوعة $(V_{app})$ على

طرفي الملف وعندئذ يعطى صافي الفولطية $(V_{net})$ في الدائرة بالعلاقة الاتية:

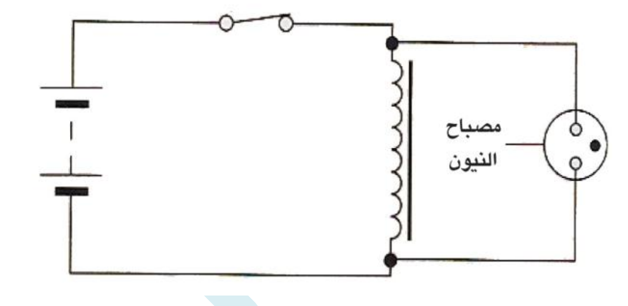
$$V_{net} = V_{app} + \varepsilon_{ind} \quad \Rightarrow \quad V_{app} + \varepsilon_{ind} = I_{ins}.R$$

س/ اشرح نشاطا يوضح توليد القوة الدافعة الكهربائية المحتثة الذاتية على طرفي الملف؟

**أدوات النشاط:**

بطارية ذات فولطية (9V) ، مفتاح ، ملف سلكي في جوفه قلب من الحديد المطاوع ، مصباح نيون يحتاج (80V) ليتوهج .

**خطوات النشاط:**




- نربط الملف والمفتاح والبطارية على التوالي مع بعض .
- نربط مصباح النيون على التوازي مع الملف . لاحظ الشكل
- نغلق دائرة الملف والبطارية بوساطة المفتاح ، لا نلاحظ توهج المصباح.
- نفتح دائرة الملف والبطارية بوساطة المفتاح ، نلاحظ توهج مصباح النيون بضوء ساطع لبرهة قصيرة من الزمن على الرغم من فصل البطارية عن الدائرة.

**الاستنتاج:**

**أولا:** عدم توهج مصباح النيون لحظة اغلاق المفتاح كان بسبب الفولطية الموضوعة على طرفيه لم تكن كافية لتوهجه ، وذلك لان نمو التيار من الصفر إلى مقداره الثابت يكون بطيئا نتيجة لتولد قوة دافعة كهربائية محتثة في الملف تعرقل المسبب لها وفقا لقانون لنز.

**ثانيا:** توهج مصباح النيون لحظة فتح المفتاح كان بسبب تولد فولطية كبيرة على طرفيه تكفي لتوهجه وذلك بسبب تولد قوة دافعة كهربائية محتثة ذاتية كبيرة المقدار على طرفي الملف نتيجة التلاشي السريع للتيار فيعمل الملف في هذه الحالة كمصدر طاقة يجهز المصباح بفولطية تكفي لتوهجه.

**مثال4(كتاب)/** ملف معامل حثه الذاتي (2.5mH) وعدد لفاته (500) لفة ، ينساب فيه تيار مستمر (4A) ، احسب:
1- مقدار الفيض المغناطيسي الذي يخترق اللفة الواحدة.
2- الطاقة المختزنة في المجال المغناطيسي للملف .
3- معدل القوة الدافعة الكهربائية المحتثة في الملف اذا انعكس اتجاه التيار خلال (0.25s) .

الحل

$$L = 2.5mH = 2.5\times10^{-3} = 25\times10^{-4}\,H$$

$$1-\ \ N\Phi_B = LI \Rightarrow \Phi_B = \frac{LI}{N} = \frac{25\times10^{-4}\times4}{500} = 0.2\times10^{-4} = 2\times10^{-5}\,wb$$

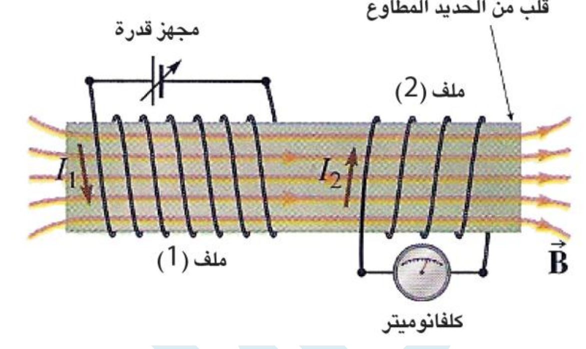
$$2-\ \ PE = \frac{1}{2}LI^2 = \frac{1}{2}\times25\times10^{-4}\times(4)^2 = 0.02J$$

$$3-\ \ \Delta I = -2I = -2\times4 = -8A$$

$$\varepsilon_{ind} = -L\frac{\Delta I}{\Delta t} = -25\times10^{-4}\times\frac{-8}{0.25} = 0.08V$$

**الحث المتبادل :**
عند وضع سلكين موصلين مستقيمين متجاورين ينساب في كل منهما تيارا مستمرا ، فالتيار المنساب في احد السلكين يولد حوله مجالا مغناطيسيا يؤثر بقوة في التيار المنساب في الموصل الاخر.

**س/ اشرح تجربة توضح ظاهرة الحث المتبادل بين ملفين متجاورين.**
ج/




- ناخذ ملفين متجاورين ملفوفين حول قلب من الحديد المطاوع احدهما مربوط الى مصدر للفولطية المستمرة ومفتاح ويسمى بالملف الابتدائي والاخر مربوط الى كلفانوميتر ويسمى بالملف الثانوي .
- التيار المنساب في الملف الابتدائي يولد مجالا مغناطيسيا وفيضه المغناطيسي يخترق الملف الثانوي .
- اذا تغير التيار المنساب في الملف الابتدائي لوحدة الزمن يتغير تبعا لذلك الفيض المغناطيسي الذي يخترق الملف الثانوي لوحدة الزمن .
- على وفق قانون فراداي في الحث الكهرومغناطيسي تتولد قوة دافعة كهربائية محتثة ( $\varepsilon_{ind2}$ ) في الملف الثانوي ذو عدد اللفات ($N_2$) .

**ظاهرة الحث المتبادل:** هي ظاهرة توليد قوة دافعة كهربائية محتثة في الملف الثانوي ($\varepsilon_{ind(2)}$) نتيجة لتغير تيار الملف الابتدائي لوحدة الزمن .

- فعندما ينمو التيار من الصفر الى قيمته الثابتة او يتلاشى من قيمته الثابتة الى الصفر خلال فترة زمنية معينة في الملف الابتدائي ووفقا لظاهرة الحث الذاتي سوف تتولد على طرفي الملف قوة دافعة كهربائية محتثة ذاتية ($\varepsilon_{ind1}$) فضلا عن توليده قوة دافعة كهربائية محتثة ($\varepsilon_{ind2}$) في ملف اخر مجاور له او محيط به يسمى بالملف الثانوي وفقا لظاهرة اخرى تسمى ظاهرة الحث المتبادل وان مقدار هذه القوة الدافعة الكهربائية المحتثة في الملف الثانوي يتناسب طرديا مع المعدل الزمني لتغير التيار في الملف الابتدائي أي ان : ( $\varepsilon_{ind2}\alpha - \frac{\Delta I_1}{\Delta t}$ ).

**حساب القوة الدافعة الكهربائية المحتثة في الملف الثانوي:**

نتيجة لتغير التيار في الملف الابتدائي لوحدة الزمن تتولد قوة دافعة كهربائية محتثة في الملف الثانوي تعاكس المسبب الذي ولدها طبقا لقانون لنز (أي تعاكس التغير بالتيار المار في الملف الابتدائي لوحدة الزمن) ، وتحسب القوة الدافعة الكهربائية المحتثة في الملف الثانوي وفقا للعلاقة التالية :

**قانون الحث المتبادل**

$$\varepsilon_{ind2} = -M\frac{\Delta I_1}{\Delta t}$$

اما $(\Delta I_1)$ فيعبر عنه كما يلي :

**اذا تغير التيار (من – الى)**

$$\Delta I_1 = \underset{\text{الى}}{I_2} - \underset{\text{من}}{I_1}$$

اما اذا انعكس اتجاه التيار فان $(I_2 = -2I_1)$ لذلك فان :

**اذا انعكس اتجاه التيار**

$$\Delta I_1 = -2I_1$$

حيث :

$\varepsilon_{ind2}$ : القوة الدافعة الكهربائية المحتثة المتولدة في الملف الثانوي بوحدة فولط وتكون سالبة عند نمو التيار من الصفر الى المقدار الاعظم وتكون موجبة عند تلاشي التيار من المقدار الاعظم الى الصفر لانها تعاكس المسبب الذي ولدها طبقا لقانون لنز.

M: معامل الحث المتبادل بين الملفين ووحدته هي نفس وحدة معامل الحث الذاتي (L) وهي الهنري (H) او اجزاءه (mH or μH) . وهو مقدار موجب دائما . . ويعبر عنه اما بموجب تعريفه كما يلي :

**حساب (M) بموجب التعريف**

$$M = \frac{\varepsilon_{ind2}}{\frac{\Delta I_1}{\Delta t}}$$

او يحسب (M) اذا كان الترابط المغناطيسي او الاقتران المغناطيسي تام بين الملفين بوجود قلب مغلق من الحديد من العلاقة الاتية :

**اذا كان الترابط المغناطيسي ام بين الملفين**

$$M = \sqrt{L_1 L_2}$$

$\frac{\Delta I_1}{\Delta t}$ : المعدل الزمني لتغير التيار في الملف الابتدائي بوحدة (A/s) ويمكن ان يحسب من قانون الحث الذاتي (بمعرفة $\varepsilon_{ind1}$) او من معادلة الدائرة الحثية بمعرفة التيار الاني $(I_{ins})$ والفولطية الموضوعة $(V_{app})$ وكما يلي :

$$\varepsilon_{ind1} = L_1\frac{\Delta I_1}{\Delta t} \quad \text{or} \quad V_{app} = I_{ins}R_1 + L_1\frac{\Delta I_1}{\Delta t}$$

حيث ان $(I_{ins}=0$ ، $\varepsilon_{ind}=V_{app}$ لحظة غلق المفتاح ) كذلك $\varepsilon_{ind}=x\%V_{app})$ ، $I_{ins}=x\%I_{const}$ بعد غلق المفتاح بلحظات) .

❖ **الإشارة السالبة في القانون تعني ان القوة الدافعة الكهربائية المحتثة في الملف الثانوي تعاكس التغير في تيار الملف الابتدائي الذي سبب حثها حسب قانون لنز.**

**وفي حالة ربط الملف الثانوي الى مقاومة خارجية بحيث ان المقاومة الكلية لدائرة الملف الثانوي $(R_2)$ سوف ينساب تيار محتث في الملف الثانوي $(I_2)$ يعبر عنه رياضيا وفقا لقانون اوم كما يلي :**

$$I_2=\frac{\varepsilon_{ind2}}{R_2}$$

وعلى وفق قانون فراداي في الحث الكهرومغناطيسي يمكن حساب القوة الدافعة الكهربائية المحتثة المتولدة في الملف الثانوي والذي عدد لفاته $(N_2)$ وفقا للعلاقة الآتية :

**حسب قانون فراداي في الحث الكهرومغناطيسي**

$$\varepsilon_{ind(2)}=-N_2\frac{\Delta\Phi_{B2}}{\Delta t}$$

ملاحظات /

❖ ان الفيض المغناطيسي الذي يخترق الملف الثانوي يتناسب طرديا مع مقدار التيار المنساب في الملف الابتدائي لذلك فان العلاقة بين الفيض المغناطيسي الذي يخترق الملف الثانوي وتيار الملف الابتدائي هي :

**العلاقة بين الفيض الكلي الذي يخترق الملف الثانوي وتيار الملف الابتدائي**

$$N_2\Phi_{B2}=M\,I_1$$

حيث تسمى الكمية $(N_2\Phi_{B2})$ الفيض المغناطيسي الذي يخترق الملف الثانوي (الفيض المغناطيسي الكلي) ويقاس بوحدة (wb)

اما $(\Phi_{B2})$ الفيض المغناطيسي الذي يخترق لفة واحدة من لفات الملف الثانوي ويقاس بوحدة (wb).

❖ اما التغير بالفيض المغناطيسي الذي يخترق الملف الثانوي فهو يتناسب طرديا مع التغير بالتيار المنساب في الملف الابتدائي لذلك فان العلاقة بين التغير بالفيض المغناطيسي الذي يخترق الملف الثانوي وتغير التيار في الملف الابتدائي هي :

**العلاقة بين التغير بالفيض الكلي المار في الثانوي وتغير تيار الملف الابتدائي**

$$N_2\Delta\Phi_{B2}=M\Delta I_1$$

حيث تسمى الكمية $(N_2\Delta\Phi_{B2})$ بالتغير بالفيض المغناطيسي الذي يخترق الملف الثانوي بوحدة (wb) بينما $(\Delta\Phi_{B2})$ التغير بالفيض المغناطيسي الذي يخترق كل لفة من لفات الملف الثانوي بوحدة (wb)

لذلك اذا كان المطلوب ايجاد الفيض المغناطيسي او التغير بالفيض المغناطيسي الذي يخترق الملف الثانوي لا نعوض عن عدد اللفات $(N_2)$ بينما اذا كان المطلوب ايجاد الفيض المغناطيسي او التغير بالفيض المغناطيسي الذي يخترق لفة واحدة من لفات الملف الثانوي نعوض عن عدد اللفات $(N_2)$.

**س/ اشتق علاقة لحساب القوة الدافعة الكهربائية المحتثة المتولدة على طرفي الملف الثانوي .**

ج/

$$\Phi_{B2}\alpha I_1 \Rightarrow N_2\Phi_{B2}\alpha I_1 \Rightarrow N_2\Phi_{B2}=MI_1 \Rightarrow \Delta(N_2\Phi_{B2})=\Delta(MI_1)$$

$$N_2\Delta\Phi_{B2}=M\Delta I_1 \Rightarrow N_2\frac{\Delta\Phi_{B2}}{\Delta t}=M\frac{\Delta I_1}{\Delta t} \Rightarrow -N_2\frac{\Delta\Phi_{B2}}{\Delta t}=-M\frac{\Delta I_1}{\Delta t}$$

$$\because \varepsilon_{ind2}=-N_2\frac{\Delta\Phi_{B2}}{\Delta t}$$

$$\therefore \varepsilon_{ind2}=-M\frac{\Delta I_1}{\Delta t}$$

س/ ما المقصود بمعامل الحث المتبادل بين ملفين ؟ وعلامَ يعتمد مقداره بين ملفين جوفهما هواء؟

ج/ هو نسبة القوة الدافعة الكهربائية المحتثة في ملف إلى المعدل الزمني لتغير التيار في ملف اخر مجاور له او محيط به .

يعتمد على :

1- ثوابت الملفين $(L_1,L_2)$ أي (حجم كل ملف والشكل الهندسي لكل ملف وعدد حلقات كل ملف والنفوذية المغناطيسية للمادة في جوف كل ملف) .

2- وضعية كل ملف .

3- والفاصلة بين الملفين.

س/ علامَ يعتمد الفيض المغناطيسي الذي يخترق الملف الثانوي ؟

ج/ يعتمد على مقدار التيار المنساب في الملف الابتدائي ويتناسب معه طرديا .

س/ ما المقصود بان معامل الحث المتبادل بين ملفين يساوي 0.7H ؟

ج/ يعني ذلك بان النسبة بين القوة الدافعة الكهربائية المحتثة في الملف الثانوي الى المعدل الزمني لتغير التيار في الملف الابتدائي تساوي 0.7H .

س/ ماذا يحصل ؟ ولماذا ؟ لو تغير التيار المنساب في احد ملفين متجاورين ؟

ج/ تتولد قوة دافعة كهربائية محتثة في الملف الاخر وفقا لظاهرة الحث المتبادل بين الملفين المتجاورين . لان اي تغير في التيار المنساب في الملف الابتدائي لوحدة الزمن سوف يؤدي الى تغير في الفيض المغناطيسي الذي يخترق الملف الثانوي لوحدة الزمن ووفقا لقانون فراداي في الحث الكهرومغناطيسي تتولد قوة دافعة كهربائية محتثة على طرفي الملف الثانوي والتي تولد تيارا محتثا في دائرة الملف الثانوي عندما تكون مقفلة.

س/ متى يكون الترابط تام بين ملفين متجاورين؟

ج/ عندما يلف الملفان على قلب مغلق من الحديد المطاوع.

س/ ماذا يحصل عندما يكون الملفان المتجاورين ملفوفين على قلب مغلق من الحديد المطاوع؟

ج/ يحصل بينهما اقتران مغناطيسي تام.

س/ علام يعتمد معامل الحث المتبادل بين ملفين يتوافر بينهما ترابط مغناطيسي تام ؟

ج/ يعتمد فقط على ثوابت الملفين $(L_1,L_2)$ .

س/ لماذا يعتمد معامل الحث المتبادل بين ملفين على ثوابت الملفين فقط عند وجود قلب مغلق من الحديد؟

ج/ وذلك لحصول اقتران تام بين الملفين .

س/ ما المقصود بظاهرة الحث المتبادل بين ملفين؟ واين تستثمر؟

ج/ ظاهرة الحث المتبادل هي ظاهرة توليد قوة دافعة كهربائية محتثة على طرفي ملف نتيجة لتغير التيار المار في ملف اخر مجاور له او محيط به .

تستثمر في استعمال جهاز التحفيز المغناطيسي خلال الدماغ (TMS).

س/ ما هو أساس عمل جهاز التحفيز المغناطيسي خلال الدماغ؟

ج/ ظاهرة الحث المتبادل .

س/ اشرح عمل جهاز التحفيز المغناطيسي خلال الدماغ.
ج/ وذلك بتسلط تيار متغير مع الزمن على الملف الابتدائي الذي يمسك على منطقة دماغ المريض فالمجال المغناطيسي المتغير والمتولد بوساطة هذا الملف يخترق دماغ المريض مولدا فيه قوة دافعة كهربائية محتثة وهذه بدورها تولد تيارا محتثا يشوش الدوائر الكهربائية في الدماغ وبهذه الطريقة تعالج بعض أعراض الإمراض النفسية مثل الكآبة .

**مثال5(كتاب)/** ملفان متجاوران ملفوفين حول حلقة مقفلة من الحديد المطاوع ، ربط بين طرفي الملف الابتدائي بطارية فرق الجهد بين طرفيها (100V) ومفتاح على التوالي . فإذا كان معامل الحث الذاتي للملف الابتدائي (0.5H) ومقاومته (20Ω) احسب مقدار:

1- المعدل الزمني لتغير التيار في دائرة الملف الابتدائي لحظة اغلاق المفتاح.
2- معامل الحث المتبادل بين الملفين اذا تولدت قوة دافعة كهربائية محتثة بين طرفي الملف الثانوي مقدارها (40V) لحظة اغلاق المفتاح في دائرة الملف الابتدائي .
3- التيار الثابت المناسب في دائرة الملف الابتدائي بعد اغلاق الدائرة .
4- معامل الحث الذاتي للملف الثانوي .

**الحل**

$$1-\ V_{app}=I_{ins}R_1+L_1\frac{\Delta I_1}{\Delta t}\ \Rightarrow\ 100=0+0.5\frac{\Delta I_1}{\Delta t}\ \Rightarrow\ \frac{\Delta I_1}{\Delta t}=\frac{100}{0.5}=200A/s$$

$$2-\ \varepsilon_{ind2}=-M\frac{\Delta I_1}{\Delta t}\ \Rightarrow\ -40=-M\times 200\ \Rightarrow\ M=\frac{-40}{-200}=0.2H$$

$$3-\ I_{const}=\frac{V_{app}}{R}=\frac{100}{20}=5A$$

$$4-\ M=\sqrt{L_1L_2}\ \Rightarrow\ 0.2=\sqrt{0.5L_2}\ \Rightarrow\ 0.04=0.5L_2\ \Rightarrow\ L_2=\frac{0.04}{0.5}=0.08H$$

**المجالات الكهربائية المحتثة:**

س/ ما سبب حركة الشحنات في الموصلات؟
ج/ المجالات الكهربائية والمجالات المغناطيسية.
س/ ما سبب حركة الشحنات الكهربائية داخل حلقة موصلة ساكنة نسبة إلى فيض مغناطيسي متغير المقدار؟
ج/ سبب الحركة هو تولد مجال كهربائي محتث يؤثر في هذه الشحنات الكهربائية باتجاهات مماسية دائما.
س/ لماذا يتولد مجال كهربائي محتث يؤثر في حلقة موصلة ساكنة يخترقها فيض مغناطيسي متزايد؟
ج/ وذلك بسبب التغيرات الحاصلة في الفيض المغناطيسي لوحدة الزمن الذي يخترق الحلقة .
س/ ما الفرق بين المجالات الكهربائية المستقرة والمجالات الكهربائية غير المستقرة؟
ج/ المجالات الكهربائية المستقرة هي مجالات تنشأ بوساطة الشحنات الكهربائية الساكنة .
بينما المجالات الكهربائية غير المستقرة هي مجالات تنشا بوساطة التغيرات الحاصلة في المجال المغناطيسي (كما يحصل في تولد الموجات الكهرومغناطيسية في الفراغ).

**بعض التطبيقات العملية لظاهرة الحث الكهرومغناطيسي :**

س/ اذكر بعض التطبيقات العملية لظاهرة الحث الكهرومغناطيسي؟
ج/ 1- بطاقة الائتمان 2- القيثار الكهربائي 3- فرشاة الاسنان.
س/ اشرح عمل بطاقة الائتمان .
ج/عند تحريك بطاقة الائتمان (بطاقة خزن المعلومات) الممغنطة امام ملف سلكي يستحث تيار كهربائي ثم يضخم هذا التيار ويحول إلى نبضات للفولطية تحتوي المعلومات .

س/ اشرح عمل القيثار الكهربائي .

ج/ اوتار القيثار الكهربائي المعدنية (والمصنوعة من مواد فيرومغناطيسية) تتمغنط اثناء اهتزازها بوساطة ملفات سلكية يحتوي كل منها بداخله ساقا مغناطيسية . توضع هذه الملفات في مواضع مختلفة تحت الاوتار المعدنية للقيثار الكهربائي وعندما تهتز هذه الاوتار يستحث تيار كهربائي متناوب تردده يساوي تردد الاوتار ثم يوصل إلى مضخم .

س/ ماذا يحصل ؟

(1) عند تحريك بطاقة الائتمان الممغنطة امام ملف سلكي. (2) عندما تهتز اوتار القيثار الكهربائي.

ج/ (1) يتولد تيار محتث ثم يضخم هذا التيار ويحول إلى نبضات للفولطية تحتوي المعلومات .

(2) يستحث تيار كهربائي متناوب تردده يساوي تردد الاوتار ثم يوصل إلى مضخم.

## قوانين الفصل الثاني (الحث الكهرومغناطيسي)

### القوة الكهربائية والقوة المغناطيسية :

$$F_E = qE \quad , \quad F_B = qvB\sin\theta$$

### قوانين الساق الموصلة :

$$\varepsilon_{motional} = vB\ell\sin\theta$$

$$I_{ind} = \frac{\varepsilon_{motional}}{R} \quad , \quad I = \frac{q}{\Delta t} \quad , \quad F_{B2} = IB\ell \quad , \quad F_{pull} = IB\ell$$

$$P = I^2R \quad \text{or} \quad P = I\varepsilon_{motional} \quad \text{or} \quad P = \frac{\varepsilon^2_{motional}}{R}$$

### علاقة الفيض المغناطيسي بكثافة الفيض المغناطيسي :

$$\Phi_B = AB\cos\theta \quad , \quad \Delta\Phi_B = \Delta(AB\cos\theta)$$

### قوانين الحث الكهرومغناطيسي (قوانين فراداي) :

$$\varepsilon_{ind} = -N\frac{\Delta\Phi_B}{\Delta t} \quad \text{or} \quad \varepsilon_{ind} = -NA\frac{\Delta B}{\Delta t}\cos\theta \quad \text{or} \quad \varepsilon_{ind} = -NB\frac{\Delta A}{\Delta t}\cos\theta$$

$$\text{or} \quad \varepsilon_{ind} = -NAB\frac{\Delta\cos\theta}{\Delta t} \quad \text{or} \quad \varepsilon_{ind} = IR \quad , \quad I = \frac{\Delta q}{\Delta t}$$

$$\Delta\Phi_B = \Phi_{B2} - \Phi_{B1} \quad , \quad \Delta B = B_2 - B_1 \quad , \quad \Delta A = A_2 - A_1 \quad , \quad \Delta\cos\theta = \cos\theta_2 - \cos\theta_1$$

### قوانين الحث الذاتي :

$$\varepsilon_{ind} = -L\frac{\Delta I}{\Delta t} \quad \text{or} \quad \varepsilon_{ind} = -N\frac{\Delta\Phi_B}{\Delta t}$$

$$\Delta I = I_2 - I_1 \quad , \quad \Delta\Phi_B = \Phi_{B2} - \Phi_{B1}$$

$$N\Delta\Phi_B = L\Delta I \quad \text{or} \quad N\Phi_B = LI \quad , \quad PE = \frac{1}{2}LI^2 \quad ,$$

$$V_{app} = I_{ins}R + \varepsilon_{ind} \quad \text{or} \quad V_{app} = I_{ins}R + L\frac{\Delta I}{\Delta t} \quad \text{or} \quad V_{app} = I_{ins}R + N\frac{\Delta\Phi_B}{\Delta t}$$

$$\varepsilon_{ind} = V_{app} - I_{ins}R \quad \text{or} \quad \varepsilon_{ind} = x\%V_{app} \quad , \quad I_{ins} = x\%I_{const} \quad , \quad I_{const} = \frac{V_{app}}{R}$$

لسعيد محي تومان

**قوانين الحث المتبادل :**

$$\varepsilon_{ind2} = -M\frac{\Delta I_1}{\Delta t} \quad or \quad \varepsilon_{ind2} = -N_2\frac{\Delta \Phi_{B2}}{\Delta t} \quad or \quad \varepsilon_{ind2} = I_2 R_2$$

$$\Delta I_1 = I_2 - I_1 \quad , \quad \Delta \Phi_{B2} = \Phi_{B2} - \Phi_{B1}$$

$$N_2 \Delta \Phi_{B2} = M \Delta I_1 \quad or \quad N_2 \Phi_{B2} = M I_1 \quad , \quad M = \sqrt{L_1 L_2}$$

$$\frac{\Delta I_1}{\Delta t} = -\frac{\varepsilon_{ind1}}{L_1} \quad , \quad \varepsilon_{ind1} = V_{app} - I_{ins} R_1$$

## أمثلة محلولة

**مثال 1/** متسعة ذات الصفيحتين المتوازيتين مقدار سعتها (20μF) والبعد بين صفيحتيها (5mm) والشحنة المختزنة في أي من صفيحتيها (400μC) جد القوة الكهربائية المؤثرة في الكترون يتحرك عموديا على المجال الكهربائي بين صفيحتيها .

**الحل/**

$$\Delta V = \frac{Q}{C} = \frac{400}{20} = 20V \quad , \quad E = \frac{\Delta V}{d} = \frac{20}{5\times10^{-3}} = 4000V/m$$

$$F_E = qE = 1.6\times10^{-19} \times 4000 = 6.4\times10^{-16} N$$

**مثال 2/** جسم مقدار شحنته (100μC) يتحرك بسرعة مقدارها (20m/s) داخل مجال مغناطيسي منتظم كثافة فيضه (10mT) احسب القوة المغناطيسية المؤثرة عليه :

1- عندما تكون حركته عمودية على المجال.
2- عندما تكون حركته موازية للمجال.
3- عندما يصنع متجه سرعته زاوية مقدارها (53°) مع متجه المجال.

**الحل/**

1. $F_B = q\upsilon B \sin\theta = 100\times10^{-6} \times 20\times10\times10^{-3} \sin 90° = 2\times10^{-5} N$

2. $F_B = q\upsilon B \sin\theta = 100\times10^{-6} \times 20\times10^{-3} \sin 0 = 0$

3. $F_B = q\upsilon B \sin\theta = 100\times10^{-6} \times 20\times10\times10^{-3} \sin 53° = 2\times10^{-5} \times 0.8 = 16\times10^{-6} N$

**مثال 3/** سلك طوله (80cm) ومقاومته (0.4Ω) مثبت افقيا فى سيارة تسير بسرعة (25m/s) لوحظ عند توصيل طرفيه بمايكروامیتر مقاومته (3.6Ω) ان التيار المار به (20μA) . ما قيمة كثافة الفيض فى المنطقة التي تسير بها السيارة .

**الحل/**

$$\varepsilon_{motional} = I.R = 20\times10^{-6} \times (0.4+3.6) = 20\times10^{-6} \times 4 = 80\times10^{-6} = 8\times10^{-5} V$$

$$\varepsilon_{motional} = \upsilon B \ell \quad \Rightarrow \quad B = \frac{\varepsilon_{motional}}{\upsilon \ell} = \frac{8\times10^{-5}}{25\times0.8} = 4\times10^{-6} T$$

**مثال/4** افرض ان ساق موصلة طولها (0.6m) انزلقت على سكة موصلة بانطلاق (10m/s) باتجاه عمودي على مجال مغناطيسي منتظم كثافة فيضه (0.5T) وكانت مقاومة المصباح المربوط مع السكة على التوالي (30Ω) (اهمل المقاومة الكهربائية للساق والسكة) واحسب مقدار:
1- القوة الدافعة الكهربائية الحركية المحتثة.
2- التيار المحتث في الدائرة.
3- القدرة الكهربائية المجهزة للمصباح.

**الحل/**

1. $\varepsilon_{motional} = \upsilon B\ell = 10\times0.5\times0.6 = 3V$

2. $I = \dfrac{\varepsilon_{motional}}{R} = \dfrac{3}{30} = 0.1A$

3. $P_{dissipated} = I^2R = (0.1)^2\times30 = 0.01\times30 = 0.3watt$

**مثال/5** صفيحة معدنية مربعة الشكل طول ضلعها (10cm) وضعت داخل مجال مغناطيسي منتظم بحيث ان متجه مساحة الصفيحة يصنع زاوية قياسها (60°) مع متجه كثافة الفيض المغناطيسي فاذا كان الفيض المغناطيسي المار من خلالها ($2\times10^{-4}$wb) فما مقدار كثافة الفيض المغناطيسي ؟

**الحل/**

$$A = 10cm\times10cm = 100cm^2 = 100\times10^{-4} = 10^{-2}m^2$$

$$\Phi_B = AB\cos\theta \;\Rightarrow\; B = \frac{\Phi_B}{A\cos\theta} = \frac{2\times10^{-4}}{10^{-2}\cos°60} = \frac{2\times10^{-4}}{10^{2}\times0.5} = 0.04T$$

**مثال/6** اوجد الفيض المغناطيسي لحلقة موصلة قطرها (1cm) موضوعة في مجال مغناطيسي منتظم كثافة فيضه (1.5T) اذا كان مستوي الحلقة :
1- عمودي على اتجاه كثافة الفيض المغناطيسي .
2- يصنع زاوية قدرها (60°) مع اتجاه كثافة الفيض المغناطيسي .
3- موازيا إلى اتجاه كثافة الفيض المغناطيسي.

**الحل/**

$$A = \pi r^2 = \pi\times(0.5\times10^{-2})^2 = \pi\times0.25\times10^{-4} = 25\pi\times10^{-6}m^2$$

1. $\Phi_B = AB\cos\theta = 25\pi\times10^{-6}\times1.5\cos0 = 37.5\pi\times10^{-6}wb$

2. $\theta = 90° - 60° = 30°$

$$\Phi_B = AB\cos\theta = 37.5\pi\times10^{-6}\cos30° = 37.5\pi\times10^{-6}\times0.866 = 32.475\pi\times10^{-6}wb$$

3. $\Phi_B = AB\cos\theta = AB\cos90° = 0$

**مثال/7** ملف عدد لفاته (50 لفة) ومساحة كل لفة من لفاته المتماثلة ($10cm^2$) ومستواه عمودي على مجال مغناطيسي منتظم كثافته (0.1T) فاذا تلاشى هذا المجال الى الصفر خلال (1msec) فما معدل القوة الدافعة الكهربائية المتولدة على طرفي هذا الملف.

الحل/

$$A = 10cm^2 = 10\times10^{-4} = 10^{-3}m^2 \quad , \quad \Delta B = B_2 - B_1 = 0 - 0.1 = -0.1T$$

$$\varepsilon_{ind} = -NA\frac{\Delta B}{\Delta t}\cos\theta = -50\times10^{-3}\times\frac{-0.1}{1\times10^{-3}}\cos 0 = 5V$$

**مثال/8** ملف عدد لفاته 200 لفة ومساحة اللفة الواحدة $5cm^2$ وضع داخل مجال مغناطيسي منتظم فاذا تغيرت كثافة الفيض المغناطيسي المار خلال الملف من الصفر الى 0.8T خلال 2sec احسب معدل القوة الدافعة الكهربائية المحتثة على طرفي الملف عندما يكون :

1- متجه مساحة اللفة الواحدة بموازاة متجه كثافة الفيض المغناطيسي .

2- متجه كثافة الفيض المغناطيسي يصنع زاوية مقدارها $53^o$ مع مستوي الملف .

الحل/

$$A = 5cm^2 = 5\times10^{-4}m^2$$

$$\Delta B = B_2 - B_1 = 0.8 - 0 = 0.8T$$

$$(1) \quad \theta = 0$$

$$\varepsilon_{ind} = -NA\frac{\Delta B}{\Delta t}\cos\theta = -200\times5\times10^{-4}\times\frac{0.8}{2}\cos 0 = 4\times10^{-2}V$$

$$(2) \quad \theta = 90° - 53° = 37°$$

$$\varepsilon_{ind} = -NA\frac{\Delta B}{\Delta t}\cos\theta = -200\times5\times10^{-4}\times\frac{0.8}{2}\cos 37° = 4\times10^{-2}\times0.8 = 3.2\times10^{-2}V$$

**مثال/9** وضع سلك دائري في مجال مغناطيسي منتظم بحيث كان مستواه عموديا على المجال ثم اخرج السلك بعيدا عن المجال فتغير الفيض المغناطيسي بمقدار $(4\times10^{-3}wb)$ خلال زمن قدره $(2\times10^{-4}sec)$ فإذا كانت مقاومة السلك $(2\Omega)$ فما مقدار شدة التيار المار فيه .

الحل/

$$\varepsilon_{ind} = -N\frac{\Delta\Phi_B}{\Delta t} = -1\times\frac{-4\times10^{-3}}{2\times10^{-4}} = 20V$$

$$I = \frac{\varepsilon_{ind}}{R} = \frac{20}{2} = 10A$$

**مثال/10** ملف عدد لفاته (250) لفة ومساحة اللفة الواحدة $(12cm^2)$ وضع في مجال مغناطيسي منتظم كثافة فيضه (0.06T) بحيث كان مستوي الملف عموديا على اتجاه المجال . احسب معدل القوة الدافعة الكهربائية المحتثة المتولدة إذا :1- ادير الملف $(90^o)$ خلال (0.01sec) 2- قلب الملف خلال (0.01sec) .

الحل/

$$1. \quad \Delta\cos\theta = \cos\theta_2 - \cos\theta_1 = \cos90° - \cos0 = 0 - 1 = -1$$

$$\varepsilon_{ind} = -NAB\frac{\Delta\cos\theta}{\Delta t} = -250\times12\times10^{-4}\times0.06\frac{-1}{0.01} = 18000\times10^{-4} = 1.8V$$

$$2. \quad \Delta\cos\theta = \cos\theta_2 - \cos\theta_1 = \cos180° - \cos0 = (-1-1) = -2$$

$$\varepsilon_{ind} = -NAB\frac{\Delta\cos\theta}{\Delta t} = -250\times12\times10^{-4}\times0.06\frac{-2}{0.01} = 36000\times10^{-4} = 3.6V$$

**مثال/11** اذا تغير التيار في ملف من امبير واحد الى الصفر في زمن قدره (ملي ثانية) كانت القوة الدافعة الكهربائية المحتثة على طرفيه (4V) فما مقدار معامل الحث الذاتي للملف؟

الحل/

$$\Delta I = I_2 - I_1 = 0 - 1 = -1A$$

$$L = -\frac{\varepsilon_{ind}}{\frac{\Delta I}{\Delta t}} = -\frac{4}{\frac{-1}{10^{-3}}} = 4\times10^{-3}H$$

**مثال/12** ملف معامل حثه الذاتي (0.25H) وعدد لفاته (200) لفه والتيار المناسب فيه (4A) احسب :

1- الفيض المغناطيسي الذي يخترق الملف والفيض المغناطيسي الذي يخترق كل لفة من لفات الملف.
2- الطاقة المختزنة في المجال المغناطيسي للملف .
3- القوة الدافعة الكهربائية المحتثة المتولدة على طرفي الملف اذا تلاشى التيار المناسب فيه خلال ثانية واحدة.

الحل/

$$1)\ N\Phi_B = LI = 0.25\times4 = 1wb$$

$$N\Phi_B = LI \Rightarrow \Phi_B = \frac{LI}{N} = \frac{0.25\times4}{200} = 0.005wb$$

$$2)\ PE = \frac{1}{2}LI^2 = \frac{1}{2}\times0.25\times(4)^2 = \frac{1}{2}\times0.25\times16 = 2J$$

$$3)\ \Delta I = I_2 - I_1 = 0 - 4 = -4A\ ,\ \varepsilon_{ind} = -L\frac{\Delta I}{\Delta t} = -0.25\times\frac{-4}{1} = 1V$$

**مثال/13** اذا كانت الطاقة المغناطيسية المختزنة في ملف (10J) وكان التيار المناسب فيه (5A) جد معدل القوة الدافعة الكهربائية المحتثة المتولدة على طرفي الملف اذا انعكس اتجاه التيار خلال (2.5sec).

الحل/

$$PE = \frac{1}{2}LI^2 \Rightarrow 10 = \frac{1}{2}L(5)^2 \Rightarrow L = \frac{20}{25} = 0.8A$$

$$\Delta I = -2I = -2\times5 = -10A$$

$$\varepsilon_{ind} = -L\frac{\Delta I}{\Delta t} = -0.8\times\frac{-10}{2.5} = 3.2V$$

**مثال/14** ملف معامل حثه الذاتي (0.12H) يتصل بمصدر مستمر فرق جهده (50V) ومقاومة أسلاك الملف (10Ω) احسب التيار المار في الملف عندما يكون المعدل الزمني لتغير التيار (300A/s) .

الحل/

$$V_{app} = I_{ins}R + L\frac{\Delta I}{\Delta t} \Rightarrow 50 = I_{ins}\times10 + 0.12\times300 \Rightarrow 50 = 10I_{ins} + 36$$

$$\therefore\ I_{ins} = \frac{50-36}{10} = \frac{14}{10} = 1.4A$$

**مثال/15** ملف عدد لفاته (100) لفة ومعامل حثه الذاتي (0.6H) وضعت عليه فولطية مستمرة (120V) فاذا بلغ التيار الاني (60%) من قيمته الثابتة فاحسب المعدل الزمني لتغير التيار والمعدل الزمني لتغير الفيض في تلك اللحظة.

**الحل/**

$$I_{ins} = 60\%I_{const} = \frac{60}{100} \times \frac{V_{app}}{R} = \frac{60 \times 120}{100R} = \frac{72}{R}$$

$$V_{app} = I_{ins}R + L\frac{\Delta I}{\Delta t} \Rightarrow 120 = \frac{72}{R} \times R + 0.6\frac{\Delta I}{\Delta t} \Rightarrow \frac{\Delta I}{\Delta t} = \frac{120-72}{0.6} = 80A/s$$

$$V_{app} = I_{ins}R + N\frac{\Delta \Phi_B}{\Delta t} \Rightarrow 120 = 72 + 100\frac{\Delta \Phi_B}{\Delta t} \Rightarrow \frac{\Delta \Phi_B}{\Delta t} = \frac{120-72}{100} = 0.48wb/s$$

**مثال/16** ملف يتكون من 50 لفة يتغير فيه التيار من (5A) الى الصفر خلال زمن مقداره (0.02sec) فتتولد على طرفي الملف قوة دافعة كهربائية محتثة بمقدار (10V) احسب :

1- معامل الحث الذاتي للملف . 2- المعدل الزمني للتغير بالفيض المغناطيسي للفة واحدة من لفات الملف.

3- الفيض المغناطيسي الذي يخترق لفة واحدة من لفات الملف عندما يكون التيار المار في الملف (2A).

**الحل/**

$$1.\quad \Delta I = I_2 - I_1 = 0 - 5 = -5A \quad , \quad L = -\frac{\varepsilon_{ind}}{\frac{\Delta I}{\Delta t}} = -\frac{10}{\frac{-5}{0.02}} = 0.04H$$

$$2.\quad \varepsilon_{ind} = -N\frac{\Delta \Phi_B}{\Delta t} \Rightarrow \frac{\Delta \Phi_B}{\Delta t} = -\frac{\varepsilon_{ind}}{N} = -\frac{10}{50} = -0.2wb/s$$

$$3.\quad N\Phi_B = LI \Rightarrow \Phi_B = \frac{LI}{N} = \frac{0.04 \times 2}{50} = 16 \times 10^{-4}wb$$

**مثال/17** وضعت فولطية مستمرة مقدارها (80V) على ملف معامل حثه الذاتي (0.1H) ومقاومته (10Ω) وعدد لفاته (500) لفة احسب المعدل الزمني لتغير التيار والمعدل الزمني لتغير الفيض والقوة الدافعة الكهربائية المحتثة عندما يبلغ التيار الاني (3A) .

**الحل/**

$$V_{app} = I_{ins}R + L\frac{\Delta I}{\Delta t} \Rightarrow 80 = 3 \times 10 + 0.1\frac{\Delta I}{\Delta t} \Rightarrow 80 = 30 + 0.1\frac{\Delta I}{\Delta t}$$

$$\therefore \frac{\Delta I}{\Delta t} = \frac{80-30}{0.1} = \frac{50}{0.1} = 500A/s$$

$$V_{app} = I_{ins}R + N\frac{\Delta \Phi_B}{\Delta t} \Rightarrow 80 = 3 \times 10 + 500\frac{\Delta \Phi_B}{\Delta t} \Rightarrow 80 = 30 + 500\frac{\Delta \Phi_B}{\Delta t}$$

$$\therefore \frac{\Delta \Phi_B}{\Delta t} = \frac{80-30}{500} = \frac{50}{500} = 0.1wb/s$$

$$\varepsilon_{ind} = V_{app} - I_{ins}R = 80 - 3 \times 10 = 50V$$

**مثال/18** ملف معامل حثه الذاتي (0.2H) ومقاومته (20Ω) وضعت عليه فولطية مستمرة (80V) احسب المعدل الزمني لتغير التيار في الحالات الآتية :
1- لحظة غلق الدائرة 2- عندما يبلغ التيار مقداره الثابت 3- عندما يبلغ التيار الاني (80%) من مقداره الثابت.

الحل/

$$1.\ I_{ins}=0$$

$$V_{app}=L\frac{\Delta I}{\Delta t} \Rightarrow \frac{\Delta I}{\Delta t}=\frac{V_{app}}{L}=\frac{80}{0.2}=400A/s$$

$$2.\ \frac{\Delta I}{\Delta t}=0$$

$$3.\ I_{ins}=80\%I_{const}=\frac{80}{100}\times\frac{V_{app}}{R}=\frac{80\times80}{100\times20}=3.2A$$

$$V_{app}=I_{ins}R+L\frac{\Delta I}{\Delta t} \Rightarrow 80=3.2\times20+0.2\frac{\Delta I}{\Delta t} \Rightarrow 80=64+0.2\frac{\Delta I}{\Delta t}$$

$$\therefore \frac{\Delta I}{\Delta t}=\frac{80-64}{0.2}=\frac{16}{0.2}=80A/s$$

**مثال/19** ملفان متجاوران معامل الحث المتبادل بين الملفين (0.25H) فاذا تغير التيار في الملف الابتدائي من (10A) الى الصفر خلال (20) ملي ثانية عند فتح دائرته فما مقدار القوة الدافعة الكهربائية المحتثة في الملف الثانوي؟

الحل/

$$\Delta I_1=I_2-I_1=0-10=-10A$$

$$\varepsilon_{ind2}=-M\frac{\Delta I_1}{\Delta t}=-0.25\times\frac{-10}{20\times10^{-3}}=125V$$

**مثال/20** اذا تغير التيار في ملف من (20A) الى الصفر خلال 5 ملي ثانية عند فتح مفتاح دائرته فتولدت قوة دافعة كهربائية محتثة قدرها (600V) في ملف اخر يجاور الملف الاول عدد لفاته (300) لفة فما مقدار:
1- معامل الحث المتبادل بين الملفين. 2- تغير الفيض المغناطيسي الذي يخترق لفة واحدة من الملف الثانوي.

الحل/

$$\Delta I=I_2-I_1=0-20=-20A$$

$$1.\ M=-\frac{\varepsilon_{ind2}}{\frac{\Delta I_1}{\Delta t}}=-\frac{600}{\frac{-20}{5\times10^{-3}}}=-\frac{600\times5\times10^{-3}}{-20}=0.15H$$

$$2.\ N_2\Delta\Phi_{B2}=M\Delta I_1 \Rightarrow \Delta\Phi_{B2}=\frac{M\Delta I_1}{N_2}=\frac{0.15\times(-20)}{300}=-0.01wb/s$$

**مثال/21** ملفان متجاوران معامل الحث المتبادل بينهما (0.8H) فإذا تلاشى التيار في الملف الابتدائي من (10A) إلى الصفر خلال ($2\times10^{-2}$sec) .
1 - ما مقدار القوة الدافعة الكهربائية المحتثة المتولدة في الملف الثانوي .
2 - اذا كان عدد لفات الملف الثانوي (500) لفة فما مقدار التغير بالفيض المغناطيسي عبر كل لفة من لفات الملف الثانوي.

**الحل/**

$$\Delta I_1 = I_2 - I_1 = 0 - 10 = -10A$$

$$1.\quad \varepsilon_{ind2} = -M\frac{\Delta I_1}{\Delta t} = -0.8\times\frac{-10}{2\times10^{-2}} = 400V$$

$$2.\quad N_2\Delta\Phi_{B2} = M\Delta I_1 \Rightarrow \Delta\Phi_{B2} = \frac{M\Delta I_1}{N_2} = \frac{0.8\times(-10)}{500} = -0.016wb$$

**مثال/22** ملفان متجاوران الترابط بينهما تام مقاومة الاول (10Ω) ومعامل حثه الذاتي (0.2H) ومقاومة الثاني (20Ω) وصل الثانوي مع كَلفانوميتر مقاومته (60Ω) وعند وضع فولطية مستمرة مقدارها (40V) على طرفي الملف الابتدائي ووصول التيار الى (20%) من قيمته الثابتة كان التيار الاني في الملف الثانوي (0.2A) احسب:
1- معامل الحث المتبادل بين الملفين. 2- معامل الحث الذاتي للملف الثانوي.

**الحل/**

$$1.\quad R_2 = R_{ف} + R_G = 20 + 60 = 80\Omega \quad , \quad \varepsilon_{ind2} = I_2.R_2 = 0.2\times80 = 16V$$

$$I_{ins} = 20\%I_{const} = \frac{20}{100}\times\frac{V_{app}}{R_1} = \frac{20\times40}{100\times10} = 0.8A$$

$$V_{app} = I_{ins}R_1 + L_1\frac{\Delta I_1}{\Delta t} \Rightarrow 40 = 0.8\times10 + 0.2\frac{\Delta I_1}{\Delta t} \Rightarrow 40 - 8 = 0.2\frac{\Delta I_1}{\Delta t}$$

$$\therefore \frac{\Delta I_1}{\Delta t} = \frac{32}{0.2} = 160A/s$$

$$2.\quad M = -\frac{\varepsilon_{ind2}}{\frac{\Delta I_1}{\Delta t}} = -\frac{-16}{160} = 0.1H$$

$$M = \sqrt{L_1 L_2} \Rightarrow M^2 = L_1 L_2 \Rightarrow L_2 = \frac{M^2}{L_1} = \frac{(0.1)^2}{0.2} = \frac{0.01}{0.2} = 0.05H$$

**مثال/23** ملفان متجاوران بينهما ترابط مغناطيسي تام طبقت فولطية مستمرة مقدارها (36V) على طرفي الملف الابتدائي الذي مقاومته (12Ω) ومعامل حثه الذاتي (0.1H) وعدد لفاته (100) لفة فما مقدار القوة الدافعة الكهربائية المحتثة المتولدة على طرفي الملف الثانوي في اللحظة التي يكون فيها الفيض المغناطيسي الذي يخترق كل لفة من لفات الملف الابتدائي (2mwb) اذا علمت ان معامل الحث الذاتي للملف الثانوي (0.4H) .

الحل/

$$N_1\Phi_{B1}=L_1 I_1 \Rightarrow I_1=\frac{N_1\Phi_{B1}}{L_1}=\frac{100\times2\times10^{-3}}{0.1}=2A$$

$$V_{app}=I_{ins}R_1+L_1\frac{\Delta I_1}{\Delta t} \Rightarrow 36=2\times12+0.1\frac{\Delta I_1}{\Delta t} \Rightarrow 36-24=0.1\frac{\Delta I_1}{\Delta t}$$

$$\therefore \frac{\Delta I_1}{\Delta t}=\frac{36-24}{0.1}=\frac{12}{0.1}=120A/s$$

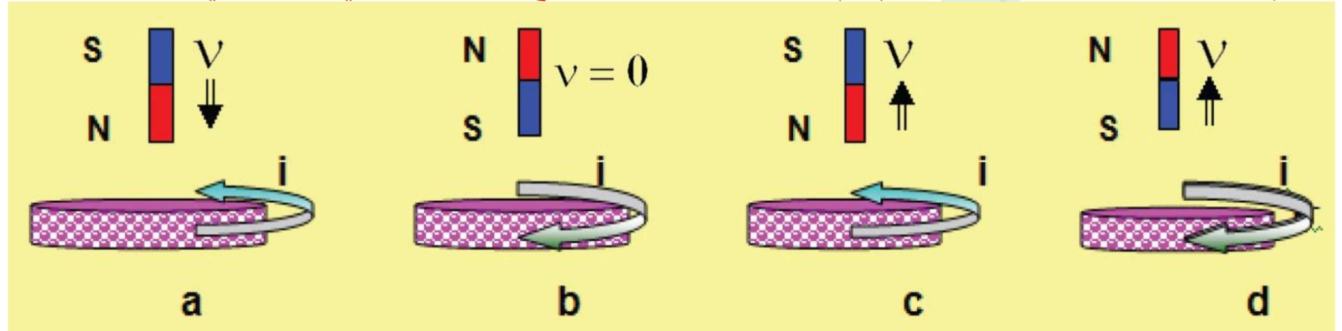
$$M=\sqrt{L_1 L_2}=\sqrt{0.1\times0.4}=\sqrt{0.04}=0.2H$$

$$\varepsilon_{ind2}=-M\frac{\Delta I_1}{\Delta t}=-0.2\times120=-24V$$

## أسئلة الفصل الثاني

س1/ اختر العبارة الصحيحة لكل من العبارات الآتية :

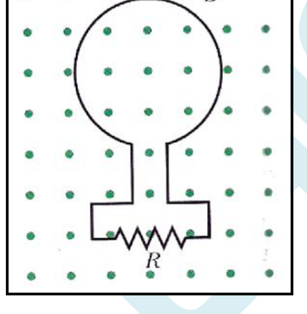
1- أي من الأشكال الآتية لاحظ الشكل (65) يتبين فيه الاتجاه الصحيح للتيار الكهربائي المحتث في الحلقة الموصلة.




الشكل (65)

ج/ (a)

2- في الشكل (66) حلقة مصنوعة من النحاس وضعت في مستوي الورقة وموصولة مع المقاومة R سلط مجال مغناطيسي باتجاه عمودي على مستوي الورقة ، خارجا من الورقة في أي حالة من الحالات التالية ينساب تيار محتث في المقاومة R اتجاهه من اليسار نحو اليمين:




الشكل (66)

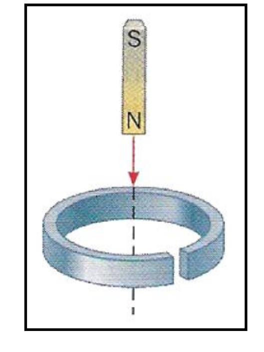
a- عند تزايد الفيض المغناطيسي الذي يخترق الحلقة.

***b- عند تناقص الفيض المغناطيسي الذي يخترق الحلقة***

c- عند ثبوت الفيض المغناطيسي الذي يخترق الحلقة

d- جميع الاحتمالات المذكورة انفا.

3- عند سقوط الساق المغناطيسية خلال حلقة من الالمنيوم غير مقفلة موضوعة افقيا تحت الساق لاحظ الشكل (68):



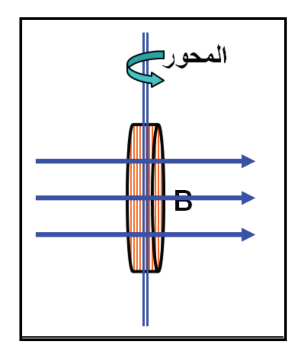

a- تتاثر الساق بقوة تنافر في اثناء اقترابها من الحلقة ، ثم تتاثر بقوة تجاذب في اثناء ابتعادها عن الحلقة.

b- تتاثر الساق بقوة تجاذب في اثناء اقترابها من الحلقة ، ثم تتاثر بقوة تنافر في اثناء ابتعادها عن الحلقة.

***c- لا تتاثر الساق باية قوة في اثناء اقترابها من الحلقة ، او في اثناء ابتعادها عن الحلقة.***

d- تتاثر الساق بقوة تنافر في اثناء اقترابها من الحلقة وكذلك بقوة تنافر في اثناء ابتعادها عن الحلقة.

4- عندما يدور ملف دائري حول محور شاقولي موازي لوجه الملف داخل مجال مغناطيسي كثافة فيضه منتظمة B افقية لاحظ الشكل (70) ، تولد اعظم مقدار للقوة الدافعة الكهربائية المحتثة $\varepsilon_{max}$ . وعند زيادة عدد لفات الملف إلى ثلاثة امثال ما كانت عليه وتقليل قطر الملف إلى نصف ماكان عليه ومضاعفة التردد الدوراني للملف . فان المقدار الاعظم للقوة الدافعة الكهربائية المحتثة سيكون:




a- $(3/2)\varepsilon_{max}$
b- $(1/4)\varepsilon_{max}$
c- $(1/2)\varepsilon_{max}$
d- $(3)\varepsilon_{max}$

5- تتحقق ظاهرة الحث الذاتي في ملف معين عندما:
a- تسحب ساق مغناطيسية بعيدا عن وجه الملف.
b- يوضع هذا الملف بجوار ملف اخر ينساب فيه تيار كهربائي متغير المقدار لوحدة الزمن.
c- *ينساب في هذا الملف تيار كهربائي متغير المقدار لوحدة الزمن.*
d- تدوير هذا الملف داخل مجال مغناطيسي منتظم.

6- مقدار القوة الدافعة الكهربائية المحتثة على طرفي ساق موصلة تتحرك نسبة إلى مجال مغناطيسي في حالة سكون لا يعتمد على:
a- طول الساق. b- *قطر الساق.* c- وضعية الساق نسبة للفيض المغناطيسي d- كثافة الفيض المغناطيسي

7- وحدة قياس كثافة الفيض المغناطيسي هي:
a- weber b- weber/s c- *weber/m²* d- weber.s

8- معامل الحث الذاتي لملف لا يعتمد على:
a- عدد لفات الملف b- الشكل الهندسي للملف c- *المعدل الزمني للتغير في التيار المنساب في الملف*
d- النفوذية المغناطيسية للوسط في جوف الملف.

**س2/ علل:**

**1- يتوهج مصباح النيون المربوط على التوازي مع ملف بضوء ساطع لبرهة قصيرة من الزمن لحظة فتح المفتاح على الرغم من فصل البطارية عن الدائرة ، ولا يتوهج عند اغلاق المفتاح.**

ج/ يتوهج وذلك بسبب تلاشي التيار من مقداره الثابت الى الصفر يكون سريعاً جداً وهذا يؤدي الى توليد قوة دافعة كهربائية محتثة $\varepsilon_{ind}$ كبيرة المقدار على طرفي الملف فيعمل الملف في هذه الحالة كمصدر طاقة تجهز المصباح بفولطية تكفي لتوهجه.

في لحظة اغلاق المفتاح لا يتوهج المصباح بسبب ان الفولطية الموضوعة على طرفية لم تكن كافية لتوهجه لان نمو التيار من الصفر الى مقداره الثابت بطيئاً مما يؤدي الى تولد قوة دافعة كهربائية محتثة $\varepsilon_{ind}$ في الملف بقطبية معاكسة لقطبية الفولطية الموضوعة تعرقل المسبب لها على وفق قانون لنز ، لذا تكون الفولطية المتولدة صغيرة المقدار على طرفي الملف لا تكفي لتوهج المصباح.

**2- اذا تغير تيار كهربائي منساب في احد ملفين متجاورين يتولد تيار محتث في الملف الآخر.**

ج/ على وفق ظاهرة الحث المتبادل بين ملفين متجاورين فاذا تغير التيار المنساب في الملف الابتدائي لوحدة الزمن ( $\frac{\Delta I_1}{\Delta t}$ ) يتغير تبعا لذلك الفيض المغناطيسي الذي يخترق الملف الثانوي لوحدة الزمن ( $\frac{\Delta \Phi_{B2}}{\Delta t}$ ) والذي عدد لفاته $N_2$ فتتولد نتيجة لذلك قوة دافعة كهربائية محتثة في الملف الثانوي ($\varepsilon_{ind2}$) تولد تيارا محتثا في دائرة الملف الثانوي المقفلة .

**س3/ عند دوران ملف مساحة اللفة الواحدة فيه (A) بسرعة زاوية (ω) داخل مجال مغناطيسي كثافة فيضه $(\vec{B})$ منتظمة . فان الفيض المغناطيسي الذي يخترق الملف يعطى بشكل دالة جيب التمام $[\Phi_B=BA\cos(\omega t)]$ في حين تعطى القوة الدافعة الكهربائية المحتثة على طرفي هذا الملف بشكل دالة جيبية $[\varepsilon_{ind}=NAB\omega\sin(\omega t)]$ وضح ذلك بطريقة رياضية.**

ج/

$$\Phi_B = \vec{A}.\vec{B} \quad \Rightarrow \quad \Phi_B = AB\cos\theta \quad , \quad \because \ \theta = \omega t$$

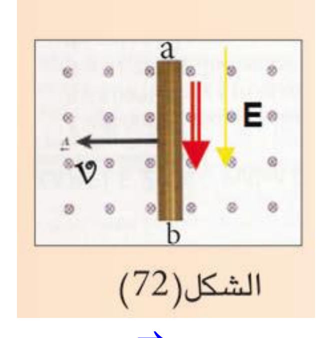
$$\therefore \ \Phi_B = AB\cos(\omega t)$$

$$\varepsilon_{ind} = -N\frac{\Delta\Phi_B}{\Delta t} = -N\frac{\Delta(AB\cos\omega t)}{\Delta t} = -NAB\frac{\Delta\cos\omega t}{\Delta t} = -NA\omega B(-\sin\omega t)$$

$$\therefore \ \varepsilon_{ind} = NA\omega B\sin(\omega t)$$

**س4/ ما المقصود بالمجالات الكهربائية غير المستقرة؟**

ج/ المجالات الكهربائية غير المستقرة هي المجالات التي تنشأ بوساطة التغيرات الحاصلة في المجال المغناطيسي ( كما يحصل في تولد الموجات الكهرومغناطيسية في الفراغ).



الشكل(72)

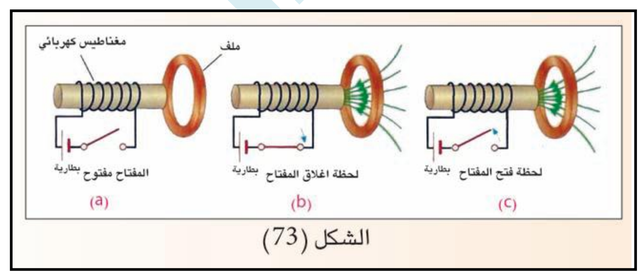
**س5/ اذا تحركت الساق الموصلة (ab) في الشكل (72) ، في مستوي الورقة افقيا نحو اليسار داخل مجال مغناطيسي منتظم مسلط عموديا على الورقة متجها نحو الداخل ، يتولد مجال كهربائي داخل الساق يتجه نحو الطرف (b) ، اما اذا تحركت هذه الساق نحو اليمين وداخل المجال المغناطيسي نفسه ينعكس اتجاه المجال الكهربائي في داخلها باتجاه الطرف (a) ، ما تفسير ذلك؟**

ج/ عندما تكون حركة الساق نحو اليسار عمودياً على الفيض المغناطيسي فان القوة المغناطيسية $(\vec{F}_B)$ تؤثر في الشحنات الموجبة يكون اتجاهها نحو الطرف (a) (على وفق قاعدة الكف اليمنى) فتتجمع الشحنات الموجبة في الطرف (a) للساق والسالبة في الطرف ( b) . لذا يكون اتجاه المجال الكهربائي E من (a) نحو الطرف (b).

وبانعكاس حركة الساق (نحو اليمين) ينعكس اتجاه القوة المغناطيسية $(\vec{F}_B)$ ، لذلك تتجمع الشحنات الموجبة في الطرف (b) والشحنات السالبة في الطرف (a) لذا يكون اتجاه E من (b) نحو (a) .

**س6/ عين اتجاه التيار المحتث في الحلقة المقابلة للملف السلكي في الأشكال الثلاث التالية لاحظ الشكل (73).**

ج/ a- في حالة المفتاح مفتوح يكون مقدار التيار صفرا (لا يوجد تغير بالفيض المغناطيسي الذي يخترق الملف $\Delta\Phi_B=0$ لذا فان التيار المحتث يساوي صفر في الملف $(I=0)$.

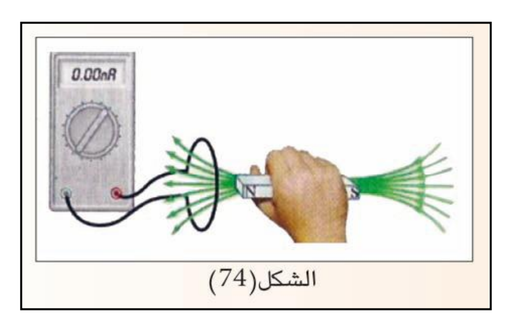


الشكل (73)

b- في حالة اغلاق المفتاح يزداد الفيض المغناطيسي $(\Delta\Phi_B>0)$ الذي يخترق الملف $(\Delta\Phi_B=\Phi_{B2} - 0)$ فاذا نظرنا إلى الملف من الجهة اليمنى فان اتجاه التيار المحتث لحظة نمو التيار يكون باتجاه معاكس لدوران عقارب الساعة .

c- في حالة فتح الدائرة بالمفتاح يتلاشى الفيض المغناطيسي $\Delta\Phi_B<0$ الذي يخترق الملف $(\Delta\Phi_B=0 - \Phi_{B1})$ فاذا نظرنا إلى وجه الملف السلكي من الجهة اليمنى فان اتجاه التيار المحتث لحظة تلاشي التيار يكون باتجاه دوران عقارب الساعة.

**س7/ افترض ان الملف والمغناطيس الموضح في الشكل (74) كل منهما يتحرك بالسرعة نفسها نسبة إلى الارض هل ان الملي اميتر الرقمي (او الكلفانوميتر) المربوط مع الملف . يشير إلى انسياب تيار في الدائرة؟ وضح ذلك.**



الشكل(74)

ج/ كلا ، لأنه لا ينساب تيار محتث في الدائرة وذلك لعدم توافر حركة نسبية بين المغناطيس والملف تسبب تغيراً في الفيض المغناطيسي لوحدة الزمن.

**س8/ ما الكميات الفيزيائية التي تقاس بالوحدات الاتية:**

**a- weber    b- weber/m$^2$    c- weber/s    d- Teslla    e- Henry**

ج/ a- الفيض المغناطيسي ($\Phi_B$) .

b- كثافة الفيض المغناطيسي (B).

c- المعدل الزمني لتغير الفيض المغناطيسي ($\frac{\Delta\Phi_B}{\Delta t}$).

d- كثافة الفيض المغناطيسي (B).

e- معامل الحث الذاتي (L) او معامل الحث المتبادل (M).

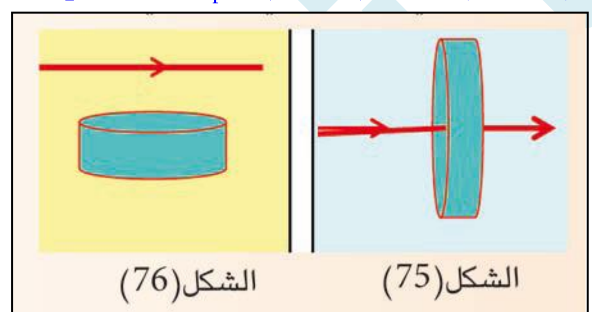
**س9/ شريحة من النحاس وضعت بين قطبي مغناطيس كهربائي منتظم كثافة فيضه كبيرة وبمستوي شاقولي وكان مستوي الصفيحة عموديا على الفيض المغناطيسي . وعندما سحبت الصفيحة افقيا بسرعة معينة لاخراجها من المجال وجد ان عملية السحب تتطلب تسليط قوة معينة . ويزداد مقدار القوة الساحبة بازدياد مقدار تلك السرعة ما تفسير الحالتين؟**

ج/ نتيجة للحركة النسبية بين الصفيحة المعدنية والفيض المغناطيسي تتولد تيارات دوامة في سطح الصفيحة المعدنية على وفق قانون فراداي في الحث الكهرومغناطيسي تتولد قوة مغناطيسية $\vec{F}_B$ معرقلة لاتجاه حركة الصفيحة على وفق قانون لنز.

وبازدياد مقدار تلك السرعة تزداد القوة المغناطيسية ($F_B$) :

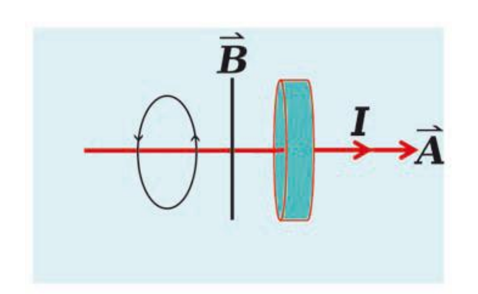
$F_B=q\upsilon B$ , $F_{pull}$ (الساحبة) = $F_B$ (المعرقلة)

**س10/ في كل من الشكلين (75) و (76) سلك نحاسي وحلقة من النحاس مقفلة . في أي وضعية ينساب تيار محتث في الحلقة عندما يتزايد التيار الكهربائي المنساب في السلك في كل من الحالتين؟وضح ذلك.**


الشكل(76)    الشكل(75)

ج/ في الشكل (75) لا ينساب تيار محتث في الحلقة لان كثافة الفيض المغناطيسي ( $\vec{B}$ ) يكون موازيا لمستوي الحلقة لذا فان الزاوية (θ) بين متجه المساحة ( $\vec{A}$ ) ومتجه كثافة الفيض المغناطيسي ( $\vec{B}$ ) تساوي (90°) فيكون : $\Phi_B=AB\cos\theta=AB\cos 90=0$

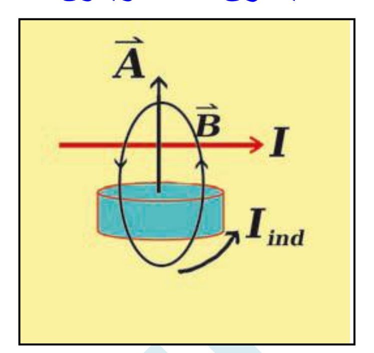
ففي هذه الحالة لا يتوافر فيض مغناطيسي يخترق الحلقة.



اما الشكل (76) يكون اتجاه التيار المحتث باتجاه معاكس لدوران عقارب الساعة لان المجال المغناطيسي حول السلك يخترق الحلقة ويكون اتجاهه نحو الاعلى ومتزايدا.

$$\Phi_B = AB\cos\theta = AB\cos 0 = AB \times 1$$

$\Phi_B = AB$ اعظم مقدار

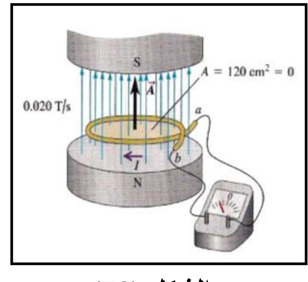



## مسائل الفصل الثاني

س1/ ملف سلكي دائري الشكل عدد لفاته (40) لفة ونصف قطره (30cm) وضع بين قطبي مغناطيس كهربائي ، لاحظ الشكل (78) فإذا تغيرت كثافة الفيض المغناطيسي المارة خلال الملف من (0.0T) إلى (0.5T) خلال زمن قدره (4s) . ما مقدار القوة الدافعة الكهربائية المحتثة في الملف عندما يكون :


a- متجه مساحة اللفة الواحدة من الملف بموازاة متجه كثافة الفيض المغناطيسي .


b- متجه كثافة الفيض المغناطيسي يصنع زاوية قياسها 30° مع مستوي الملف .




الشكل (78)

الحل

$$r = 30cm = 0.3m$$

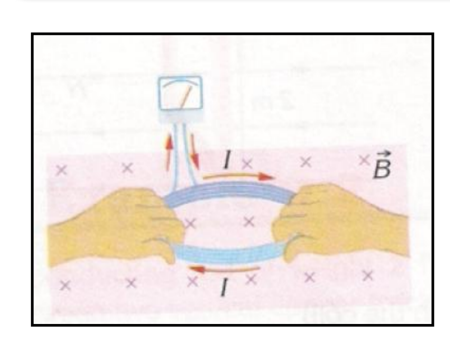
$$A = \pi r^2 = \pi \times (0.3)^2 = 0.09\pi m^2$$

$$\Delta B = B_2 - B_1 = 0.5 - 0 = 0.5T$$

$$a - \quad \varepsilon_{ind} = -NA\frac{\Delta B}{\Delta t}\cos\theta = -40 \times 0.09\pi \times \frac{0.5}{4} \times \cos 0 = -0.45\pi V$$

$$b - \quad \theta = 90° - 30° = 60°$$

$$\varepsilon_{ind} = -NA\frac{\Delta B}{\Delta t}\cos\theta = -40 \times 0.09\pi \times \frac{0.5}{4} \times \cos 60° = -0.225\pi V$$



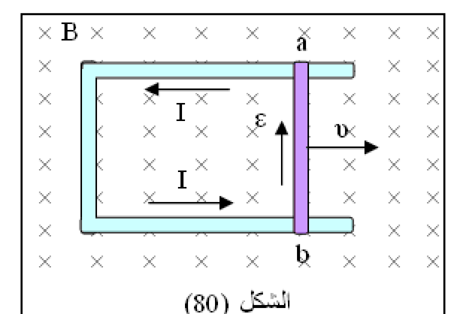

س2/ في الشكل (79) حلقة موصلة دائرية مساحتها $(626cm^2)$ ومقاومتها $(9\Omega)$ موضوعة في مستوي الورقة سلط عليها مجال مغناطيسي منتظم كثافة فيضه (0.15T) باتجاه عمودي على مستوي الحلقة . سحبت الحلقة من جانبيها بقوتي شد متساويتين فبلغت مساحتها $(26cm^2)$ خلال فترة زمنية (0.2s) احسب مقدار التيار المحتث في الحلقة .

الحل

$$\Delta A = A_2 - A_1 = 26 - 626 = -600cm^2 = -600\times10^{-4} = -6\times10^{-2}m^2$$

$$\varepsilon_{ind} = -NB\frac{\Delta A}{\Delta t}\cos\theta = -1\times0.15\times\frac{-6\times10^{-2}}{0.2}\cos0 = 45\times10^{-3}V$$

$$I_{ind} = \frac{\varepsilon_{ind}}{R} = \frac{45\times10^{-3}}{9} = 5\times10^{-3}A$$



الشكل (80)

س3/ افرض أن الساق الموصلة في الشكل (80) طولها (0.1m) ومقدار السرعة التي تتحرك بها (2.5m/s) والمقاومة الكلية للدائرة (الساق والسكة) مقدارها $(0.03\Omega)$ وكثافة الفيض المغناطيسي (0.6T) ، احسب مقدار:
1- القوة الدافعة الكهربائية المحتثة على طرفي الساق .
2- التيار المحتث في الحلقة .
3- القوة الساحبة للساق .
4- القدرة المتبددة في المقاومة الكلية للدائرة .

الحل

$$1-\quad \varepsilon_{motional} = vB\ell = 2.5\times0.6\times0.1 = 0.15V$$

$$2-\quad I_{ind} = \frac{\varepsilon_{motional}}{R} = \frac{0.15}{0.03} = 5A$$

$$3-\quad F_{pull} = F_{B2} = IB\ell = 5\times0.6\times0.1 = 0.3N$$

$$P_{dissipated} = I^2R = (5)^2\times0.03 = 25\times0.03 = 0.75watt$$

س4/ اذا كانت الطاقة المغناطيسية المختزنة في ملف تساوي (360J) عندما كان مقدار التيار المنساب فيه (20A) . احسب:
1- مقدار معامل الحث الذاتي للمحث .
2- معدل القوة الدافعة الكهربائية المحتثة في الملف إذا انعكس التيار خلال (0.1S) .

الحل

$$1-\quad PE = \frac{1}{2}LI^2 \Rightarrow 360 = \frac{1}{2}L\times(20)^2 \Rightarrow 360 = 200L \Rightarrow L = \frac{360}{200} = 1.8H$$

$$2-\quad \Delta I = I_2 - I_1 = -20 - 20 = -40A$$

$$\varepsilon_{ind} = -L\frac{\Delta I}{\Delta t} = -1.8\times\frac{-40}{0.1} = 720V$$

س5/ ملفان متجاوران بينهما ترابط مغناطيسي تام ، كان معامل الحث الذاتي للملف الابتدائي (0.4H) ومقاومته (16Ω) ومعامل الحث الذاتي للملف الثانوي (0.9H) . الفولطية الموضوعة في دائرة الملف الابتدائي (200V) ، احسب مقدار:
التيار الآني والمعدل الزمني لتغير التيار في دائرة الملف الابتدائي لحظة ازدياد التيار فيها إلى (80%) من مقداره الثابت والقوة الدافعة الكهربائية المحتثة على طرفي الملف الثانوي في تلك اللحظة .

الحل

$$I_{ins} = 80\% I_{const} = \frac{80}{100} \times \frac{V_{app}}{R_1} = \frac{80 \times 200}{100 \times 16} = 10A$$

$$V_{app} = I_{ins} R_1 + L_1 \frac{\Delta I_1}{\Delta t} \Rightarrow 200 = 10 \times 16 + 0.4 \frac{\Delta I_1}{\Delta t} \Rightarrow 200 - 160 = 0.4 \frac{\Delta I_1}{\Delta t}$$

$$\therefore \frac{\Delta I_1}{\Delta t} = \frac{40}{0.4} = 100 A/s$$

$$M = \sqrt{L_1 L_2} = \sqrt{0.4 \times 0.9} = \sqrt{0.36} = 0.6H$$

$$\therefore \varepsilon_{ind2} = -M \frac{\Delta I}{\Delta t} = -0.6 \times 100 = -60V$$

## حلول فكر

### فكر/ ص51

لو ثبت الساق المغناطيسية (مع بقاء قطبها الجنوبي مواجها لاحد وجهي الملف) ثم دفع الملف نحو الساق وبموازاة محوره . اينعكس اتجاه التيار المحتث في الملف ؟ ام يكون بالاتجاه نفسه للتيار المتولد في حالة دفع الساق المغناطيسية نحو وجه الملف ؟ ما تفسير اجابتك ؟

**الجواب/**

يبقى اتجاه التيار المحتث نفسه في الحالتين . لانه عند تقريب القطب الجنوبي للساق نحو الملف او عند تقريب الملف نحو القطب الجنوبي للساق تحصل في الحالتين زيادة في الفيض المغناطيسي الذي يخترق الملف فيتولد تيار محتث في الملف بحيث يكون اتجاهه يولد في وجه الملف المقابل للساق قطبا جنوبيا لكي يتنافر مع القطب الجنوبي للساق فيعمل على اضعاف الفيض المغناطيسي المتزايد وفقا لقانون لنز.

### فكر/ ص55

لو انعكس اتجاه حركة الساق او انعكس اتجاه المجال المغناطيسي هل تنعكس قطبية القوة الدافعة الكهربائية المحتثة الحركية ($\varepsilon_{motional}$) ؟

**الجواب/**

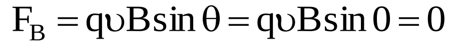
نعم تنعكس قطبية القوة الدافعة الكهربائية المحتثة الحركية ($\varepsilon_{motional}$) المتولدة على طرفي الساق وذلك بسبب انعكاس اتجاه القوة المغناطيسية ($\vec{F}_B$) المؤثرة على الشحنات وفقا لقاعدة الكف اليمنى .

### فكر/ ص 57

هل ينساب تيار في الدائرة الموضحة في الشكل (24) اذا كان جوابك نعم عين اتجاه شدة التيار المحتث فيها.

**الجواب/**

لا ينساب تيار محتث في الدائرة . لان اتجاه السرعة $(\vec{\upsilon})$ يكون موازيا لاتجاه كثافة الفيض المغناطيسي $(\vec{B})$ وبالتالي تكون الزاوية المحصورة بين المتجهين $(\vec{\upsilon})$ و $(\vec{B})$ تساوي صفر $(\theta = 0)$ وان $(\sin 0 = 0)$ وفقا للعلاقة الاتية :



$$F_B = q\upsilon B \sin\theta = q\upsilon B \sin 0 = 0$$

وبما ان مقدار القوة المغناطيسية يساوي صفر لذلك لا تتحرك الشحنات داخل الساق فلا ينساب تيار محتث.

### فكر/ ص 64

افرض ان ساقا مغناطيسية سقطت سقوطا حرا نحو الاسفل وهي بوضع شاقولي وتحتها حلقة واسعة من النحاس مقفلة ومثبتة افقيا باهمال مقاومة الهواء .

1- اتسقط هذه الساق بتعجيل يساوي تعجيل الجاذبية الارضية ام اكبر منه ؟ ام اصغر منه ؟

2- عين اتجاه القوة المغناطيسية التي تؤثر فيها الحلقة على الساق في اثناء اقتراب الساق من الحلقة.

**الجواب/**

1- تسقط الساق بتعجيل اقل من تعجيل الجاذبية الارضية .
بسبب تولد قطب مغناطيسي شمالي محتث في وجه الحلقة في اثناء اقتراب القطب الشمالي منها لذا تتاثر الساق بقوة تنافر تعرقل حركتها وفقا لقانون لنز فيقل تعجيلها.

2- يكون اتجاه القوة التي تؤثر بها الحلقة على الساق نحو الاعلى (قوة معرقلة للسبب الذي ولد التيار المحتث على وفق قانون لنز).

## واجبات الفصل

**مثال1/** اذا كانت القوة المغناطيسية المؤثرة في جسيم مشحون بشحنة مقدارها $(500\mu C)$ تساوي $(75\times10^{-5}N)$ وكان الجسيم يتحرك في مجال مغناطيسي منتظم كثافة فيضه $(0.12T)$ وبسرعة $(25m/sec)$ جد الزاوية المحصورة بين متجه السرعة ومتجه كثافة الفيض المغناطيسي في هذه الحالة . ج/ $(30°)$

**مثال2/** افرض ان ساق موصلة طولها $(1.6m)$ تنزلق على سكة موصلة بشكل حرف $(U)$ باتجاه عمودي على فيض مغناطيسي منتظم كثافة فيضه $(0.8T)$ بتاثير قوة ساحبة ثابتة $(0.064N)$ وكان مقدار المقاومة الكلية للدائرة $(128\Omega)$ ، احسب :

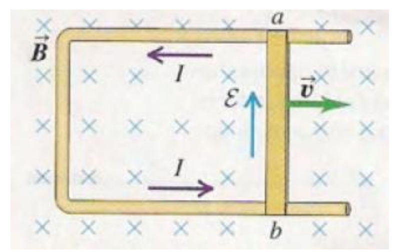
1- القوة الدافعة الكهربائية المحتثة الحركية. 2- السرعة التي تنزلق بها الساق على السكة.

ج/ $(6.4V\ ,\ 5m/sec)$

**مثال3/** احسب طول سلك معدني يتحرك بحيث يقطع خطوط مجال مغناطيسي منتظم شدته $(0.25T)$ بشكل عمودي بسرعة $(12m/s)$ عندما تتولد على طرفي السلك قوة دافعة كهربائية حركية مقدارها $(3V)$ . ج/ $(1m)$

**مثال4/** سلك طوله $(1m)$ ومقاومته $(0.2\Omega)$ ثبت افقيا في سيارة تسير افقيا بسرعة $(72km/h)$ ولوحظ انه عند توصيل طرفي السلك بكلفانومتر مقاومته $5.8\Omega$ يمر تيار شدته 40 مايكروامبير. احسب كثافة الفيض المغناطيسي المؤثر. ج/ $(1.2\times10^{-5}T)$

**مثال/5** افرض ان الساق الموصلة في الشكل المجاور طولها (2m) ومقدار السرعة التي تتحرك بها (2m/sec) والمقاومة الكلية للدائرة (الساق والسكة) مقدارها (0.4Ω) وكان مقدار التيار المحتث في الحلقة (7A) جد مقدار :
1- القوة الدافعة الكهربائية المحتثة على طرفي الساق.
2- كثافة الفيض المغناطيسي .
3- القوة الساحبة للساق .
4- القدرة المتبددة في المقاومة الكلية للدائرة.




ج/ (2.8V , 0.7T , 9.8N , 19.6watt)

**مثال/6** افرض ان ساق موصلة طولها (1.2m) انزلقت على سكة موصلة بشكل حرف (U) بسرعة (20m/s) وباتجاه عمودي على مجال مغناطيسي منتظم كثافة فيضه (0.8T) والمقاومة الكلية للدائرة (الساق والسكة) (38.4Ω) احسب :
1- القوة الدافعة الكهربائية المحتثة الحركية على طرفي الساق.
2- التيار المحتث في الدائرة.
3- القوة الساحبة للساق.
4- القدرة المتبددة في المقاومة الكلية للدائرة.

ج/ (19.2V , 0.5A , 0.48N , 9.6w)

**مثال/7** احسب الفيض المغناطيسي الذي يخترق حلقة مساحتها ($30cm^2$) موضوعة في مجال مغناطيسي منتظم كثافة فيضه (0.08T) بحيث ان مستوي الحلقة يصنع زاوية مقدارها (37°) مع اتجاه كثافة الفيض المغناطيسي ولو دارت الحلقة بحيث أصبح مستواها يصنع زاوية مقدارها (30°) مع اتجاه كثافة الفيض المغناطيسي فما مقدار الفيض المغناطيسي الذي يخترقها في هذه الحالة؟ ج/ ($14.4\times10^{-5}$wb , $12\times10^{-5}$wb)

**مثال/8** حلقة دائرية مقفلة مساحتها ($20cm^2$) وضعت داخل مجال مغناطيسي منتظم كثافة فيضه (0.4T)
1- احسب الفيض المغناطيسي الذي يخترقها عندما يكون مستواها مائلا بزاوية (30°) مع المجال.
2- لو اخترقها المجال بشكل عمودي على مستواها ثم انعكس هذا المجال ما مقدار التغير بالفيض المغناطيسي في هذه الحالة.

ج/ ($4\times10^{-4}$wb , $-16\times10^{-4}$wb)

**مثال/9** حلقة دائرية موصلة نصف قطرها ($\frac{4}{\sqrt{\pi}}$ cm) وضعت داخل مجال مغناطيسي منتظم كثافة فيضه (0.3T) بحيث ان مستوي الحلقة يصنع زاوية قياسها (53°) مع اتجاه كثافة الفيض المغناطيسي . احسب الفيض المغناطيسي المار من خلالها .

ج/ ($3.84\times10^{-4}$wb)

**مثال/10** ملف عدد لفاته (100) لفة ومساحة اللفة الواحدة ($200cm^2$) ومقاومته (10Ω) وضع داخل مجال مغناطيسي منتظم بحيث يكون مستواه عمودي على المجال فإذا تناقص المجال المغناطيسي بمعدل (10T/sec) فما مقدار التيار المحتث المار فيه . ج/ (2A)

**مثال/11** ملف عدد لفاته (400) لفة ومساحة اللفة الواحدة ($10cm^2$) موضوع في مجال مغناطيسي منتظم بحيث ان متجه كثافة الفيض المغناطيسي يصنع زاوية قياسها (30°) مع مستوي الملف ، فاذا تغيرت كثافة الفيض المغناطيسي المارة من خلال الملف من الصفر الى (0.6T) خلال زمن قدره (3sec) فما معدل القوة الدافعة الكهربائية المحتثة المتولدة على طرفي الملف؟ ج/ (-0.04V)

**مثال/12** ملف سلكي يتالف من (50) لفة ومساحة اللفة الواحدة ($7cm^2$) ربط الى كلفانوميتر بحيث ان المقاومة الكلية للدائرة ($140\Omega$) وضع الملف بين قطبي مغناطيس كهربائي فاذا تغيرت كثافة المغناطيسي المارة خلال الملف من (0.4T) الى (0T) خلال زمن قدره (5sec) احسب التيار المار في الدائرة اذا كان :

1- متجه مساحة اللفة الواحدة من لفات الملف بموازاة متجه كثافة الفيض المغناطيسي .

2- متجه كثافة الفيض المغناطيسي يصنع زاوية قياسها ($30^o$) مع مستوي الملف . ج/ ($2\times10^{-5}A$ , $10^{-5}A$)

**مثال/13** ملف عدد لفاته (300) لفة ومساحة اللفة الواحدة ($10cm^2$) . فاذا تلاشى المجال المغناطيسي الذي يخترق الملف من (0.5T) الى (الصفر) خلال زمن مقداره (25msec) احسب التيار المار في الدائرة اذا كان الملف مربوط بين طرفي كَلفانوميتر والمقاومة الكلية للدائرة ($60\Omega$) ومتجه مساحة اللفة الواحدة من الملف بموازاة متجه كثافة الفيض المغناطيسي . ج/ (0.1A)

**مثال/14** ملف عدد لفاته (50 لفة) ومساحة اللفة الواحدة ($10cm^2$) ومقاومته ($25\Omega$) ربط الى كَلفانوميتر مقاومته ($15\Omega$) ثم وضع في مجال مغناطيسي منتظم كثافة فيضه (0.2T) بحيث ان مستواه عمودي على المجال ، فاذا تلاشى المجال المغناطيسي المار من خلال الملف الى الصفر خلال زمن مقداره (2.5sec) فما مقدار التيار المار في الدائرة ؟

ج/ ($10^{-4}A$)

**مثال/15** ملف عدد لفاته (300) لفة وأبعاده (20cm ، 10cm) وضع عموديا على مجال مغناطيسي كثافة فيضه (0.5T) احسب :

1- الفيض المغناطيسي الذي يخترق الملف .
2 - مقدار القوة الدافعة الكهربائية المحتثة إذا قلب الملف في زمن قدره (0.1s) .
3- مقدار القوة الدافعة الكهربائية المحتثة المتولدة إذا دار الملف ربع دورة خلال (0.1s) .
4- مقدار القوة الدافعة الكهربائية المحتثة المتولدة عند تغير الفيض من (0.5T) إلى (0.1T) خلال (0.2sec) .

ج/ (0.01wb , 60V , 30V , 12V)

**مثال/16** ملف عدد لفاته (200) لفة ومساحة اللفة الواحدة ($10cm^2$) موضوع داخل مجال مغناطيسي منتظم كثافة فيضه (0.05T) بحيث ان مستواه عمودي على المجال جد معدل القوة الدافعة الكهربائية المحتثة :

1- عندما يتلاشى المجال المغناطيسي خلال (0.05sec) .
2- عندما ينعكس المجال بالنسبة للملف خلال نفس الفترة الزمنية. ج/ (0.2V , 0.4V)

**مثال/17** يمر تيار مستمر مقداره (5A) في ملف عدد لفاته (700) لفة فيسبب في كل لفة من لفات الملف فيضا مقدره ($2.1\times10^{-4}$ wb) احسب:

1- معامل الحث الذاتي للملف
2- معدل القوة الدافعة الكهربائية المحتثة في الملف اذا تغير التيار الى الصفر في زمن قدره (0.035sec).

ج/ ($2.94\times10^{-2}H$ , 4.2V)

**مثال/18** ملف عدد لفاته (200) لفة ومعامل حثه الذاتي (0.1H) وكان المعدل الزمني لتغير التيار المار فيه (100A/sec ) احسب المعدل الزمني لتغير الفيض المغناطيسي لكل لفة من لفات الملف في هذه الحالة .

ج/ (0.05wb/sec)

**مثال/19** ملف معامل حثه الذاتي (0.05H) وضعت عليه فولطية مستمرة (6V) فكان المقدار الثابت للتيار المار في دائرة الملف (1.5A) ما المعدل الزمني لتغير التيار عندما كان التيار الآني في دائرة الملف (0.5A) .

ج/ (80A/sec)

**مثال/20** ملف عدد لفاته (480) لفة ومقاومته (16Ω) ومعامل حثه الذاتي (0.5H) وضعت على طرفيه فولطية مستمرة (200V) . احسب المعدل الزمني لتغير التيار والمعدل الزمني لتغير الفيض المغناطيسي والتيار الاني اذا بلغت القوة الدافعة الكهربائية المحتثة (60%) من الفولطية الموضوعة.

ج/ (240A/sec , 0.25wb/sec , 5A)

**مثال/21** ملف عدد لفاته (500) لفة ومعامل حثه الذاتي (0.4H) ومقاومته (48Ω) فاذا كان المعدل الزمني لتغير الفيض المغناطيسي الذي يخترق كل لفة من لفاته (0. 24) لحظة غلق الدائرة ، ما المعدل الزمني لتغير التيار المار في الملف عندما يبلغ التيار الاني (80%) من مقداره الاعظم . ج/ (60A/sec)

**مثال/22** وضعت فولطية مستمرة مقدارها (80V) على طرفي ملف معامل حثه الذاتي (0.16H) ومقاومته (50Ω) احسب المعدل الزمني لتغير التيار والقوة الدافعة الكهربائية المحتثة المتولدة على طرفي الملف .

1- لحظة اغلاق الدائرة . 2- عندما يصل التيار الاني الى (20%) من قيمته الثابتة.

ج/ (500A/sec , 80V , 400A/sec , 64V)

**مثال/23** طبقت فولطية مستمرة (200V) على ملف مقاومته (50Ω) فكان المعدل الزمني لازدياد التيار (300A/s) في الملف لحظة وصول القوة الدافعة الكهربائية المحتثة على الملف (75%) من الفولطية الموضوعة ما مقدار؟
1- معامل الحث الذاتي للملف. 2- التيار الآني في الملف. ج/ (0.5H , 1A)
**مثال/24** ملف عدد لفاته (120) لفة ومعامل حثه الذاتي (0.4H) وضعت عليه فولطية مستمرة مقدارها (60V) ما مقدار القوة الدافعة الكهربائية المحتثة والمعدل الزمني لتغير التيار والمعدل الزمني لتغير الفيض المغناطيسي لحظة وصول التيار الى (40%) من مقداره الثابت . ج/ $(-36V, 90A/s\ ,\ 0.3wb/s)$
**مثال/25** ملف معامل حثه الذاتي (0.2H) وعدد لفاته (400) لفة طبقت عليه فولطية مستمرة قدرها (8V) جد المعدل الزمني لتغير التيار والمعدل الزمني لتغير الفيض في الحالات التالية :
1- لحظة غلق الدائرة. 2- عندما يبلغ التيار مقداره الثابت. 3- عندما يبلغ التيار (75%) من مقداره الثابت.
ج/ (40A/s , 0.02wb/s , 0 , 0 , 10A/s , 0.005wb/s)
**مثال/26** ملف عدد لفاته (500) لفة ومعامل حثه الذاتي (0.25H) ومقاومته (40Ω) وضعت عليه فولطية مستمرة وكان المعدل الزمني لتغير الفيض خلال لفة واحدة من لفات الملف (0.04wb/sec) لحظة وصول القوة الدافعة الكهربائية المحتثة (20%) من الفولطية الموضوعة احسب مقدار :
1- الفولطية الموضوعة 2- المعدل الزمني لتغير التيار في الملف والتيار الآني في الدائرة .
ج/ (100V , 80A/s , 2A)
**مثال/27** اذا كانت الطاقة المغناطيسية المختزنة في ملف تساوي (7.5J) عندما كان مقدار التيار المنساب فيه (10A) احسب مقدار :

1- معامل الحث الذاتي للمحث . 2- معدل القوة الدافعة الكهربائية المحتثة في الملف اذا انعكس التيار خلال (0.3s)

ج/ (0.15H , 10V)

**مثال/28** ملفان متجاوران بينهما اقتران مغناطيسي تام كان معامل الحث الذاتي للملف الابتدائي (0.1H) ومقاومته (20Ω) ومعامل الحث الذاتي للملف الثانوي (0.9H) طبقت على الملف الابتدائي فولطية مستمرة ، عند اغلاق دائرة الملف الابتدائي ووصول التيار الى (40%) من مقداره الثابت كانت الفولطية المحتثة في الملف الابتدائي (18V) احسب مقدار الفولطية الموضوعة في دائرة الملف الابتدائي القوة الدافعة الكهربائية المحتثة في دائرة الملف الثانوي. ج/ (30V , - 54V)

**مثال/29** ملفان متجاوران تغير التيار في الاول من (10A) الى الصفر خلال (4msec) فتولدت قوة دافعة كهربائية محتثة في الملف الثانوي مقدارها (400V) احسب :
1- معامل الحث المتبادل بين الملفين .
2- تغير الفيض المغناطيسي خلال لفة واحدة من الملف الثانوي اذا كان عدد لفاته (200) لفة.

ج/ $(0.16H\ ,\ -8\times10^{-3}wb)$

**مثال/30** ملفان متجاوران عدد لفاتهما (500 لفة) ، (200 لفة) على الترتيب ، فإذا مر تيار مقداره (4A) في الملف الابتدائي نتج عنه في كل لفة من لفات الملف فيضا قدره ($10^{-3}$wb) بينما يقطع كل لفة من لفات الملف الثانوي فيضا قدره ($0.3\times10^{-3}$wb) احسب:
1- معامل الحث الذاتي للملف الابتدائي 2- معامل الحث المتبادل بين الملفين
3- معدل القوة الدافعة الكهربائية المحتثة المتولدة في الملف الثانوي عندما يتلاشى التيار في الملف الابتدائي في زمن قدره (0.2sec) .

ج/ (0.125H , 0.015H , 0.3V)

**مثال/31** ملف معامل حثه الذاتي (0.5H) ومقاومته (20Ω) وعدد لفاته (500) لفة وضعت عليه فولطية مستمرة (60V) احسب :
1- المعدل الزمني لتغير الفيض خلال لفة واحدة من الملف لحظة غلق الدائرة.
2- اذا وضع بجواره ملف اخر فما معامل الحث المتبادل بين الملفين اذا تولدت قوة دافعة كهربائية محتثة في الملف الثانوي مقدارها (4V) لحظة مرور تيار مقداره (2A) في الملف الابتدائي.
3- معامل الحث الذاتي للملف الثانوي اذا كان الاقتران تام بين الملفين.

ج/ (0.12wb/s , 0.1H , 0.02H)

**مثال/32** ملفان معامل الحث المتبادل بينهما (0.2H) ومقاومة الملف الابتدائي (10Ω) ومعامل الحث الذاتي للملف الابتدائي (0.1H) وضعت فولطية مستمرة مقدارها (80V) على الملف الابتدائي احسب القوة الدافعة الكهربائية المحتثة في كل من الملفين عندما يصبح التيار الآني في الملف الابتدائي (3A).

ج/ $(-50V\ ,\ -100V)$

**مثال/33** ملفان متجاوران بينهما اقتران مغناطيسي تام عدد لفات الملف الابتدائي (100) لفة ومعامل حثه الذاتي (0.5H) ومعامل الحث الذاتي للملف الثانوي (0.02H) فاذا وضعت على الملف الابتدائي فولطية مستمرة مقدارها (125V) جد لحظة وصول التيار في الملف الابتدائي (80%) من قيمته الثابتة ما يلي :
1- المعدل الزمني لزيادة التيار 2- المعدل الزمني لزيادة الفيض المغناطيسي للفة واحدة من الملف الابتدائي
3- معامل الحث المتبادل بين الملفين.

ج/ (50A/s , 0.25wb/s , 0.1H)

**مثال/34** ملفان متجاوران معامل الحث المتبادل بينهما (0.25H) ومقاومة الملف الابتدائي (15Ω) ومعامل حثه الذاتي (0.4H) ومقاومة الملف الثانوي (20Ω) وصل الملف الثانوي بكلفانوميتر مقاومته (80Ω) ثم وضعت فولطية مقدارها (16V) على طرفي الملف الابتدائي فما التيار الاني في الملف الابتدائي لحظة تولد تيار محتث في الملف الثانوي مقداره (0.025A) . ج/ (0.8A)

**مثال/35** ملفان متجاوران ربط بين طرفي الملف الابتدائي بطارية فرق الجهد بين طرفيها (80V) ومفتاح على التوالي فاذا كان معامل الحث الذاتي للملف الابتدائي (0.4H) ومقاومته (16Ω) احسب مقدار:
1- المعدل الزمني لتغير التيار في دائرة الملف الابتدائي لحظة اغلاق الدائرة.
2- معامل الحث المتبادل بين الملفين اذا تولدت قوة دافعة كهربائية محتثة بين طرفي الملف الثانوي مقدارها (50V) لحظة اغلاق المفتاح في دائرة الملف الابتدائي.
3- التيار الثابت المناسب في دائرة الملف الابتدائي بعد اغلاق الدائرة. ج/ (200A/sec , 0.25H , 5A)

**مثال/36** ملفان متجاوران بينهما ترابط مغناطيسي تام ، معامل الحث المتبادل بينهما (0.4H) ومعامل الحث الذاتي للملف الثانوي (0.8H) ومقاومة الملف الابتدائي (50Ω) والفولطية الموضوعة في دائرة الملف الابتدائي (60V) احسب القوة الدافعة الكهربائية المحتثة المتولدة على طرفي الملف الثانوي لحظة وصول القوة الدافعة المحتثة على طرفي الملف الابتدائي (80%) من الفولطية الموضوعة والتيار الاني في تلك اللحظة .
ج/ (-96V , 0.24A)

**مثال/37** ملفان متجاوران بينهما اقتران مغناطيسي تام ، معامل الحث الذاتي للملف الثانوي (0.9H) والتيار الثابت المناسب في الملف الابتدائي (10A) والطاقة المختزنة فيه (20J) احسب :
1- القوة الدافعة الكهربائية المحتثة المتولدة في كل من الملفين اذا انعكس اتجاه التيار المار في الملف الابتدائي خلال ثانية واحدة .
2- التيار المحتث المار في الملف الثانوي اذا كانت مقاومته (120Ω).
ج/ (8V , 12V , 0.1A)

**مثال/38** ملفان متجاوران بينهما اقتران مغناطيسي تام ، معامل الحث الذاتي للملف الابتدائي (0.8H) وللثانوي (0.2H) ، التيار الثابت المناسب في الملف الابتدائي (5A) احسب :
1- الطاقة المختزنة في الملف الابتدائي .
2- القوة الدافعة الكهربائية المحتثة المتولدة في كل من الملفين اذا انعكس اتجاه التيار المار في الملف الابتدائي خلال (1.6sec) .
3- التيار المحتث المار في الملف الثانوي اذا كانت مقاومته (10Ω).
ج/ (10J , 5V , 2.5V , 0.25A)

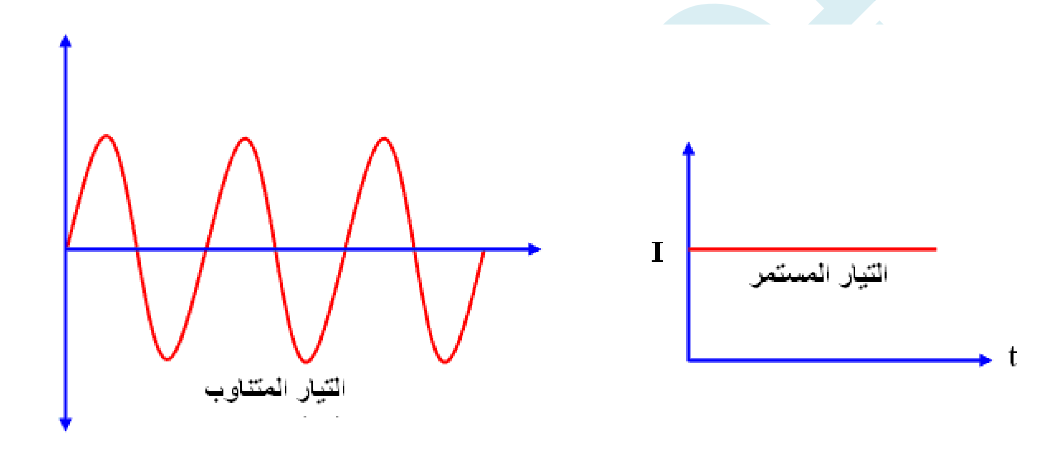
**التيار المستمر :** هو التيار المناسب في الدوائر الكهربائية المقفلة ويكون ثابت مقدارا واتجاها بمرور الزمن وتولده البطاريات (مصدر مستمر) ويرمز له بالرمز (dc) .
**التيار المتناوب :** هو التيار المتغير دوريا مع الزمن والذي ينعكس اتجاهه مرات عديدة في الثانية الواحدة وينتج عن المولد الكهربائي (مصدر متناوب) ويرمز له بالرمز (ac) .

**س/ لماذا يفضل استعمال التيار المتناوب في الدوائر الكهربائية؟**
ج/ لسهولة نقله الى مسافات بعيدة باقل خسائر بالطاقة بفولطية عالية وتيار واطئ باستخدام المحولات الكهربائية.

**س/ ما الغرض من نقل القدرة الكهربائية بفولطيات عالية وتيار واطئ باستعمال المحولات الرافعة ؟**
ج/ وذلك لتقليل خسائر القدرة الكهربائية في الأسلاك الناقلة $(I^2R)$ والتي تظهر بشكل حرارة حيث $(P \propto I^2)$ .




1- تستخدم محولات رافعة للجهد خافضة للتيار في محطات توليد القدرة الكهربائية .
2- تستخدم محولات خافضة للجهد رافعة للتيار في مناطق استهلاك القدرة الكهربائية .
3- يكون تردد التيار المتناوب (f=50Hz) في معظم دول العالم ومنها العراق اذ ينعكس اتجاه التيار المتناوب 100مرة في الثانية الواحدة . وفي دول أخرى يكون تردد التيار المتناوب (f=60Hz) .




**دوائر التيار المتناوب :**
عند دوران ملف نواة المولد بسرعة زاوية منتظمة وفي مجال مغناطيسي منتظم تتولد فولطية محتثة آنية جيبية الموجة $(V_{ins})$ تعطى بالعلاقة التالية :

$$V_{ins} = V_m \sin(\omega t) \quad , \quad \because \omega = 2\pi f$$
$$\therefore V_{ins} = V_m \sin(2\pi f\, t)$$

حيث :
$V_{ins}$ : الفولطية المحتثة المتولدة في أية لحظة (اللحظية)
$V_m$ : أعظم مقدار للفولطية المحتثة وتسمى ذروة الفولطية .
$\omega$ : التردد الزاوي للمصدر ووحدته (rad/s)
f : تردد المصدر (تردد الفولطية او تردد التيار) ووحدته هرتز (Hz) .
$(\omega t)$ : زاوية الطور .

✡ تكون الفولطية المحتثة الآنية $(V_{ins})$ في أعظم مقدار لها عندما تكون زاوية الطور $(\omega t)$ تساوي $(\frac{\pi}{2})$ أي $90^o$ او $(\frac{3\pi}{2})$ أي $(270^o)$ أي عندما :

$$\omega t=\frac{\pi}{2} \Rightarrow \sin\frac{\pi}{2}=+1 \Rightarrow V_{ins}=+V_m$$
$$\omega t=\frac{3\pi}{2} \Rightarrow \sin\frac{3\pi}{2}=-1 \Rightarrow V_{ins}=-V_m$$

وهذا يعني أن الفولطية المحتثة الآنية تتغير مقدارا واتجاها دوريا مع الزمن بين قيمة عظمى موجبة $(+V_m)$ وقيمة عظمى سالبة $(-V_m)$ .

وعلى وفق قانون اوم فان :

$$V_{ind}=I_{ins}.R \quad , \quad V_m=I_m.R$$
$$\therefore\ I_{ins}.R=I_m.R\sin(\omega t) \Rightarrow I_{ins}=I_m\sin(\omega t)$$

حيث :

$I_{ins}$ : المقدار الآني للتيار المتناوب في الدائرة .   ،   $I_m$ : المقدار الأعظم للتيار المتناوب .


أي ان التيار المنساب في دائرة تيار متناوب الحمل فيها مقاومة صرف يكون دالة جيبية أيضا .

## متجه الطور :

**س/ ما الطريقة التي يتم من خلالها التعامل مع الفولطية المتناوبة والتيار المتناوب ؟**

ج/ يتم التعامل معهما من خلال رسم مخطط يسمى مخطط متجه الطور ويسمى أيضا المتجه الدوار حيث تمثل الفولطية المتناوبة والتيار المتناوب بمتجهان طوريان يدوران عكس عقرب الساعة حول نقطة ثابتة تسمى نقطة الأصل (0) بتردد زاوي $(\omega)$ ثابت .

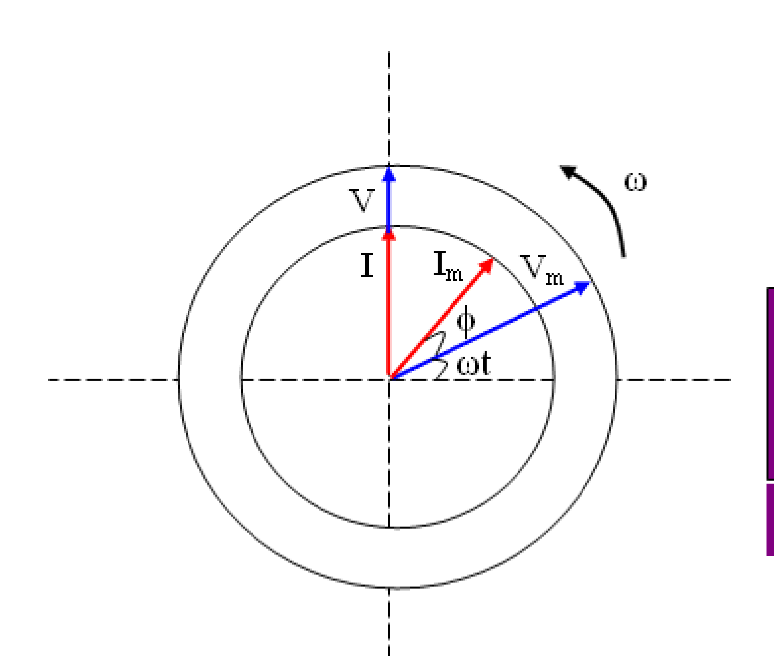
### يمتاز متجه الطور بما يلي :

- طول متجه الطور يمثل المقدار الأعظم للفولطية المتناوبة ويرمز له $(V_m)$ واذا كان متجه الطور يمثل التيار فان طول متجه الطور يمثل المقدار الاعظم للتيار ويرمز له $(I_m)$ .
- مسقط متجه الطور على المحور الشاقولي (y) يمثل المقدار الاني لذلك المتجه حيث المقدار الاني للفولطية (V) والمقدار الاني للتيار (I) . فيكون مسقط متجه الفولطية $(V_m\text{Sin}(\omega t))$ ومسقط متجه التيار $(I_m\text{Sin}(\omega t))$ . حيث $(\omega t)$ : زاوية الطور وهي الزاوية التي يصنعها متجه الطور مع المحور الافقي (x) .
- عند بدء الحركة (t=0) يكون متجه الطور منطبقا على المحور الافقي x .
- اذا تطابق متجه الطور للفولطية $(V_m)$ مع متجه الطور للتيار $(I_m)$ فهذا يعني ان الفولطية والتيار في طور واحد وان زاوية فرق الطور بينهما تساوي صفر $(\phi=0)$ ويحصل ذلك اذا كان حمل الدائرة مقاومة صرف
- اذا لم يتطابق المتجهان احدهما على الاخر (في الحالة التي يحتوي الحمل محث او متسعة او كليهما اضافة للمقاومة) فسوف تتولد بينهما زاوية فرق في الطور $(\phi)$ (وتسمى احيانا ثابت الطور) يتحدد مقداره على وفق نوع الحمل في الدائرة .
- تقاس كل من زاوية الطور $(\omega t)$ وزاوية فرق الطور $(\phi)$ بالدرجات الستينية او (rad) .
  اذا كانت $\phi$ موجبة فان متجه الطور للفولطية يسبق متجه الطور للتيار بفرق طور $\phi$
  واذا كانت $\phi$ سالبة فان متجه الطور للفولطية يتأخر عن متجه الطور للتيار بفرق طور $\phi$ (عندما يؤخذ التيار كأساس) .

## تنويه /

**الطور :** هو الحالة الحركية للجسم المهتز من حيث الموضع واتجاه الحركة .

**فرق الطور :** هو تغير الحالة الحركية للجسم المهتز بين لحظتين مختلفتين او لجسمين مهتزين في اللحظة نفسها .




مخطط المتجه الدوار ويوضح المتجه الطوري للفولطية والمتجه الطوري للتيار ويدور كل منهما باتجاه معاكس لدوران عقارب الساعة حول نقطة ثابتة هي نقطة الأصل (0) بتردد

زاوي ω ثابت

## دائرة تيار متناوب الحمل فيها مقاومة صرف :

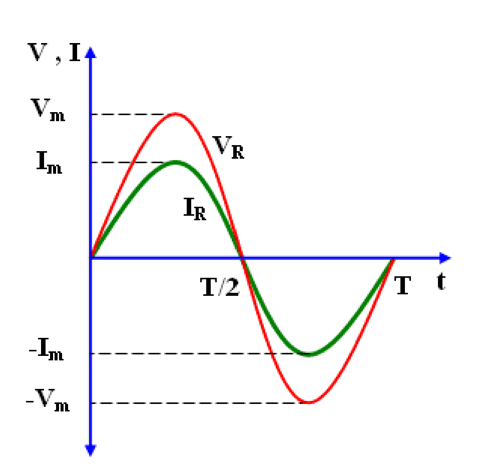
**س/ بماذا تمتاز دائرة تيار متناوب الحمل فيها مقاومة صرف ؟**

$I_m$ $V_m$

ج/
1- متجه الطور للفولطية $(V_m)$ ومتجه الطور للتيار $(I_m)$ متطابقان ومتلازمان .
وهذا يعني انهما يدوران حول نقطة الاصل (0) بطور واحد وباتجاه معاكس لدوران عقارب الساعة
2- زاوية فرق الطور بينهما تساوي صفر $(\phi = 0)$ اما زاوية الطور التي يدور بها كل من المتجهين متساوية ومقدارها $(\omega t)$ .
3- عامل القدرة (Pf) يساوي $(\cos\phi)$ ويساوي واحد .
4- منحني موجة التيار يكون بشكل منحني جيبي ومنحني موجة الفولطية يكون بشكل منحني جيبي ايضا لذلك فان: الفولطية المتناوبة والتيار المتناوب في هذه الدائرة تعطى بالعلاقات التالية :
حيث :

$$V_R = V_m \sin(\omega t)$$
$$I_R = I_m \sin(\omega t)$$

$V_R$: المقدار الآني للفولطية عبر المقاومة R .
$V_m$ : المقدار الأعظم للفولطية عبر المقاومة R .
$I_R$ : المقدار الآني للتيار المنساب في المقاومة R .
$I_m$ : المقدار الأعظم للتيار المنساب في المقاومة R .
$\omega t$ : زاوية الطور للمتجه الطوري وتقاس بـ (rad) (الزاوية المحصورة بين متجه الطور للفولطية او متجه الطور للتيار والمحور (X) .
5- مقدار المقاومة الصرف لا يعتمد على تردد الفولطية او تردد التيار .
6- تستهلك المقاومة قدرة حقيقية بشكل طاقة حرارية ومنحنيها موجب دائما وبشكل منحني جيب التمام (cosine) يتغير بين المقدار الأعظم للقدرة $(P_m)$ والصفر وتردده ضعف تردد الفولطية او التيار .
7- القدرة المتوسطة لدورة كاملة او لعدد صحيح من الدورات الكاملة تساوي نصف القدرة العظمى .




الشكل يوضح منحني موجة التيار (منحني جيبي) ومنحني موجة الفولطية (منحني جيبي ايضا) يتغيران مع الزمن بالكيفية نفسها أي ينموان معا فيكونان موجبان في آن واحد وسالبان في ان واحد وصفر في ان واحد لذلك لا يوجد فرق بالطور بين متجه الطور للفولطية ومتجه الطور للتيار .

**س/ ما قياس زاوية الطور ($\omega t$) لكل من متجه الطور للفولطية ($V_m$) ومتجه الطور للتيار ($I_m$) في الحالة التي يكون عندها ($V_R=V_m$) وكذلك يكون ($I_R=I_m$) ؟ وضح ذلك .**

ج/

$$\omega t = \frac{\pi}{2}$$

$$\because \quad V_R = V_m \sin(\omega t) = V_m \sin(\frac{\pi}{2}) \quad \Rightarrow \quad V_R = V_m \times 1 \quad \Rightarrow \quad V_R = V_m$$

$$\because \quad I_R = I_m \sin(\omega t) = I_m \sin(\frac{\pi}{2}) \quad \Rightarrow \quad I_R = I_m \times 1 \quad \Rightarrow \quad I_R = I_m$$

## القدرة في دائرة تيار متناوب تحتوي مقاومة صرف :

- تحسب القدرة الآنية في المقاومة الصرف من حاصل ضرب الفولطية الآنية ($V_R$) في التيار الآني ($I_R$) والعلاقة بينهم حسب قانون اوم ($V_R=I_R \cdot R$) وكما يلي :

$$P_R = I_R . V_R \quad or \quad P_R = I_R^2 . R \quad or \quad P_R = \frac{V_R^2}{R}$$

- نحسب القدرة العظمى في المقاومة الصرف من حاصل ضرب الفولطية العظمى ($V_m$) في التيار الأعظم ($I_m$) والعلاقة بينهم حسب قانون اوم ($V_m=I_m \cdot R$) وكما يلي :

$$P_m = I_m . V_m \quad or \quad P_m = I_m^2 . R \quad or \quad P_m = \frac{V_m^2}{R}$$

- اما القدرة المتوسطة فتساوي نصف القدرة العظمى وتحسب من العلاقات :

أي ان :

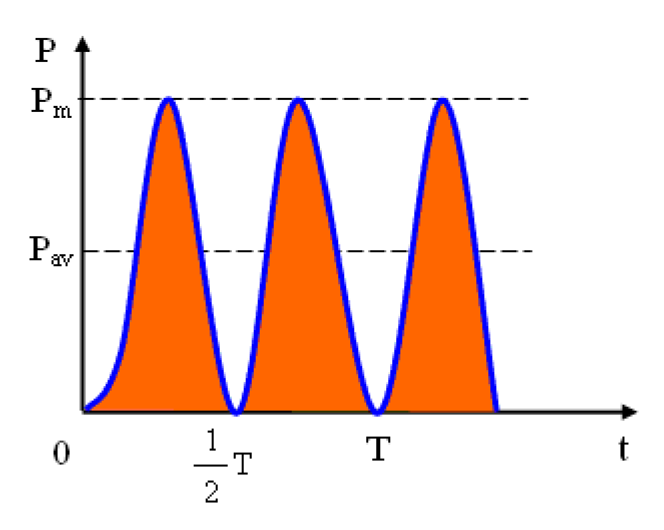
$$P_{av} = \frac{1}{2} P_m$$

لذلك فان :

$$P_{av} = \frac{1}{2} I_m . V_m \quad or \quad P_{av} = \frac{1}{2} I_m^2 . R \quad or \quad P_{av} = \frac{1}{2} \frac{V_m^2}{R}$$

$$P_{av} = I_{eff} V_{eff} \quad or \quad P_{av} = I_{eff}^2 . R \quad or \quad P_{av} = \frac{V_{eff}^2}{R}$$

الشكل يوضح منحني القدرة لدائرة تحتوي على مقاومة صرف وهو منحني موجب دائما وبشكل موجة الجيب التمام (Cosine) تردده ضعف تردد الفولطية او تردد التيار ويتغير هذا المنحني بين المقدار الأعظم للقدرة $(P_m)$ والصفر لذلك فالقدرة المتوسطة هي نصف القدرة العظمى .




س/ لماذا يكون منحني القدرة الانية في دائرة التيار المتناوب عندما يكون الحمل فيها مقاومة صرف موجب دائما ؟

ج/ لان الفولطية والتيار يكونان في طور واحد حيث يكونان موجبان معا وسالبان معا وحاصل ضربهما يساوي كمية موجبة على وفق العلاقة الاتية : $P=IV$ .

س/ لماذا تكون القدرة متغيرة في دوائر التيار المتناوب؟

ج/ لان الفولطية والتيار متغيرين دائما فحاصل ضربهما (القدرة) متغير أيضا وعلى وفق العلاقة $P=IV$ .

س/ ما المقصود بالمنحني الموجب للقدرة في الدائرة التي يكون الحمل فيها مقاومة صرف ؟

ج/ يعني ان القدرة تستهلك باجمعها في المقاومة بشكل طاقة حرارية .

س/ لماذا لا تتساوى القدرة المتبددة بوساطة تيار متناوب له مقدار أعظم $(I_m)$ مع القدرة التي ينتجها تيار مستمر له المقدار نفسه ؟

ج/ لان التيار المتناوب يتغير دوريا مع الزمن بين $(+I_m)$ و $(-I_m)$ ومقداره في أية لحظة لا يساوي دائما مقداره الأعظم وإنما فقط في لحظة معينة يتساوى مقداره الآني مع مقداره الأعظم لذلك ينتج قدرة متغيرة مع الزمن بينما التيار المستمر مقداره ثابت دائما فينتج قدرة ثابتة .

**س/ اثبت ان القدرة المتوسطة تساوي نصف القدرة العظمى ؟**

ج/

$$P_{av} = I_{eff} . V_{eff} = \frac{I_m}{\sqrt{2}} \times \frac{V_m}{\sqrt{2}} = \frac{I_m . V_m}{2} = \frac{1}{2} P_m$$

**المقدار المؤثر للتيار المتناوب $(I_{eff})$ :**

س/ لماذا لا تعتمد القدرة المستهلكة في مقاومة صرف على اتجاه التيار؟

ج/ لان القدرة المستهلكة في مقاومة صرف ثابتة المقدار تتناسب طرديا مع مربع التيار المنساب فيها $(P=I^2R)$ أي ان : $(P \propto I^2)$ .

س/ اثبت ان المقدار المؤثر للتيار المتناوب يساوي 0.707 من مقداره الأعظم ؟
ج/

$$P_{ins}=I_R^2R=(I_m\sin(\omega t))^2R=I_m^2\sin^2(\omega t)R$$

$$\because\quad \sin^2(\omega t)=\frac{1}{2}\quad,\quad \therefore\ P_{av}=\frac{1}{2}I_m^2R$$

$$P_{dc}=P_{av}\quad\Rightarrow\quad I_{dc}^2R=\frac{1}{2}I_m^2R\quad\Rightarrow\quad I_{dc}^2=\frac{1}{2}I_m^2\quad,\quad\because\ I_{dc}=I_{eff}$$

$$\therefore\ I_{eff}^2=\frac{1}{2}I_m^2\quad\Rightarrow\quad I_{eff}^2=\frac{I_m^2}{2}\quad\Rightarrow\quad I_{eff}=\sqrt{\frac{I_m^2}{2}}\quad\Rightarrow\quad I_{eff}=\frac{I_m}{\sqrt{2}}$$

$$\therefore\ I_{eff}=0.707I_m$$

س/ هل يمكن ان تستعمل اجهزة قياس التيار المستمر في دوائر التيار المتناوب ؟ وضح ذلك .
ج/ لا يمكن ذلك . لان معظم اجهزة قياس التيار المستمر تقيس المقدار المتوسط للتيار المتناوب لذا فان مؤشرها يقف عند تدريجة الصفر عند وضعها في دائرة التيار المتناوب.

**علاقة المقدار المؤثر بالمقدار الأعظم للتيار المتناوب والفولطية المتناوبة :**

| التحويل من مقدار مؤثر للفولطية إلى مقدار أعظم | التحويل من مقدار أعظم للفولطية إلى مقدار مؤثر | التحويل من مقدار مؤثر للتيار إلى مقدار أعظم | التحويل من مقدار أعظم للتيار إلى مقدار مؤثر |
|---|---|---|---|
| $V_m=\sqrt{2}\ V_{eff}$ or $V_m=1.414\ V_{eff}$ | $V_{eff}=\frac{V_m}{\sqrt{2}}$ or $V_{eff}=0.707\ V_m$ | $I_m=\sqrt{2}\ I_{eff}$ or $I_m=1.414\ I_{eff}$ | $I_{eff}=\frac{I_m}{\sqrt{2}}$ or $I_{eff}=0.707\ I_m$ |

**ملاحظات**

1- إن أجهزة قياس التيار المتناوب مثل الاميترات والفولطيمترات تقيس المقدار المؤثر للتيار والمقدار المؤثر للفولطية
2- يسمى المقدار المؤثر للتيار المتناوب بجذر معدل مربع المقدار الأعظم للتيار ويرمز له بالرمز ($I_{rms}$) وكذلك يسمى المقدار المؤثر للفولطية المتناوبة بجذر معدل مربع المقدار الأعظم للفولطية ويرمز له بالرمز ($V_{rms}$) .
3- معدل التيار المتناوب او الفولطية المتناوبة لدورة كاملة او لعدد صحيح من الدورات الكاملة يساوي صفر بينما معدل مربع التيار المتناوب نصف مقداره الأعظم وكذلك معدل مربع الفولطية المتناوبة نصف مقدارها الأعظم .
4- منحني التيار المتناوب منحني جيبي يتغير بين ($+I_m$) و ($-I_m$) بينما منحني مربع التيار المتناوب هو منحني جيب تمام يتغير بين ($I_m^2$) والصفر .
5- استفد عند الحاجة :

$$\sqrt{2}=1.414\ ,\quad 2\sqrt{2}=2.828\ ,\quad 3\sqrt{2}=4.242\ ,\quad 4\sqrt{2}=5.656\ ,\quad 5\sqrt{2}=7.07$$

س/ اذا كان التيار المتناوب في الدائرة (2A) فهل يعني ذلك المقدار الأعظم للتيار او المقدار المؤثر له ؟ ولماذا؟
ج/ كلا لا يعني ذلك المقدار الأعظم للتيار وإنما مقداره المؤثر لان المقاييس الكهربائية للتيار المتناوب تقيس مقداره المؤثر ولا تقيس مقداره الأعظم .

**مثال 1 (كتاب)/** مصدر للفولطية المتناوبة مربوط بين طرفي مقاومة صرف ($R=100\Omega$) تعطى الفولطية بالعلاقة التالية : $V=424.2\sin(\omega t)$ . احسب :
1- المقدار المؤثر للفولطية 2- المقدار المؤثر للتيار 3- مقدار القدرة المتوسطة .

الحل

$V_m = 424.2V$

$$1-\ V_{eff} = \frac{V_m}{\sqrt{2}} = \frac{424.2}{1.414} = 300V$$

$$2-\ I_{eff} = \frac{V_{eff}}{R} = \frac{300}{100} = 3A$$

$$3-\ P_{av} = I_{eff}\,V_{eff} = 3 \times 300 = 900watt$$

### دائرة تيار متناوب الحمل فيها محث صرف :

**س/ بماذا تمتاز دائرة تيار متناوب الحمل فيها محث صرف ؟**

ج/

1- متجه الطور للفولطية يسبق متجه الطور للتيار بزاوية فرق طور ($\phi = \frac{\pi}{2} = 90°$) او ربع دورة .



أي ان :

2- عامل القدرة (Pf) يساوي ($\cos\phi$) ويساوي ($\cos 90°$) ويساوي صفر .

3- معادلات الفولطية عبر المحث والتيار المناسب في الدائرة معطاة بالعلاقات التالية :

$$I_L = I_m \sin(\omega t)$$

$$V_L = V_m \sin(\omega t + \frac{\pi}{2})$$

حيث :

$I_L$ : المقدار الآني للتيار عبر المحث . ، $I_m$ : المقدار الأعظم للتيار عبر المحث

$V_L$ : المقدار الآني للفولطية عبر المحث . ، $V_m$ : المقدار الأعظم للفولطية عبر المحث .

$\omega t$ : زاوية الطور.

4- يبدي المحث معاكسة ضد التغير بالتيار تسمى رادة الحث ($X_L$) تقاس بالاوم وتخضع الى قانون اوم إلا انها ليست مقاومة ولا تخضع إلى قانون جول الحراري .

5- تعتمد رادة الحث على معامل الحث الذاتي للمحث وتتناسب معه طرديا بثبوت التردد الزاوي وعلى التردد الزاوي وتتناسب معه طرديا بثبوت معامل الحث الذاتي .

6- لا يستهلك المحث الصرف قدرة حقيقية وإنما يخزن الطاقة في مجاله المغناطيسي ثم يعيدها أثناء التفريغ إلى المصدر بهيئة طاقة كهربائية .

7- منحني القدرة بشكل منحني الجيب تردده ضعف تردد الفولطية او التيار ومعدلها يساوي صفر لدورة كاملة او لعدد صحيح من الدورات الكاملة لان الأجزاء الموجبة للقدرة تساوي الأجزاء السالبة لها .

**رادة الحث ($X_L$) :** هي المعاكسة التي يبديها المحث للتغير في تردد التيار المنساب فيه وسببها الحث الذاتي .

تحسب رادة الحث لملف ينساب فيه تيار متناوب من العلاقات الرياضية التالية :

$$X_L = \frac{V_L}{I_L}$$ حسب قانون اوم



سعيد محي تومان

or

$$X_L = \omega L \quad or \quad X_L = 2\pi f L$$

حسب العوامل

حيث :
$\omega$ : التردد الزاوي ووحدته rad/s
L : معامل الحث الذاتي للمحث ووحدته هنري (H) .
f : تردد الفولطية او تردد التيار او تردد المصدر ووحدته هرتز (Hz)

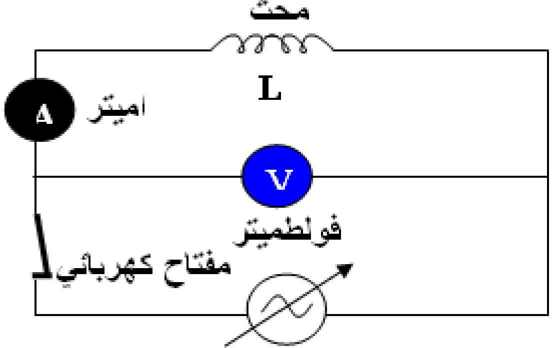
**س/ علامَ تعتمد رادة الحث؟**

ج/ تعتمد على :
1- معامل الحث الذاتي للمحث (L) وتتناسب معه طرديا بثبوت التردد الزاوي أي ان : $X_L \alpha L$
2- التردد الزاوي ($\omega$) وتتناسب معه طرديا بثبوت معامل الحث الذاتي أي ان : $X_L \alpha \omega$

**س/ اشرح نشاطا توضح فيه تأثير تغير تردد تيار الدائرة في مقدار رادة الحث؟ ارسم الدائرة الكهربائية العملية اللازمة لإجراء هذا النشاط ؟**

**أدوات النشاط :**

مذبذب كهربائي (مصدر فولطية متناوبة يمكن تغيير تردده ، اميتر ، فولطميتر ، ملف مهمل المقاومة (محث) ، مفتاح كهربائي .



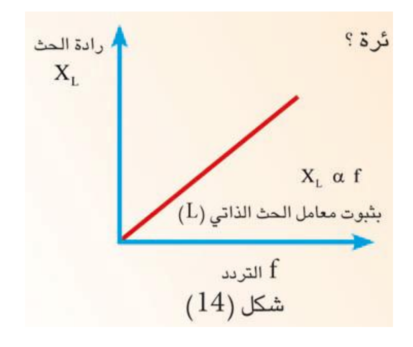

**خطوات النشاط :**

- نربط دائرة كهربائية عملية (تتألف من الملف والاميتر والمذبذب الكهربائي على التوالي ، ونربط الفولطميتر على التوازي بين طرفي الملف .
- نغلق الدائرة ونبدأ بزيادة تردد المذبذب الكهربائي تدريجيا مع المحافظة على بقاء مقدار الفولطية ثابتا (بمراقبة قراءة الفولطميتر) سنلاحظ نقصان قراءة الاميتر في الدائرة وذلك بسبب ازدياد مقدار رادة الحث .

**الاستنتاج :**

نستنتج من النشاط ان رادة الحث ($X_L$) تتناسب طرديا مع تردد تيار الدائرة (f) .بثبوت معامل الحث الذاتي للمحث (L) .

من النشاط المذكور انفا يمكننا رسم مخطط بيانيا يمثل العلاقة الطردية بين رادة الحث ($X_L$) وتردد التيار (f) وكما موضح في الشكل :



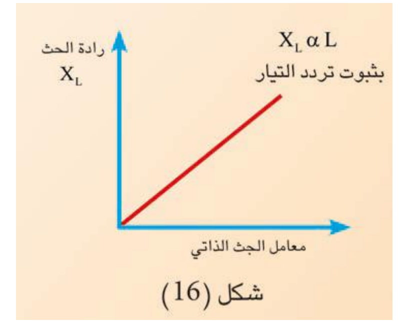
شكل (14)

**س/ اشرح نشاطا توضح فيه تأثير تغير معامل الحث الذاتي في مقدار رادة الحث؟ ارسم الدائرة الكهربائية العملية اللازمة لإجراء هذا النشاط ؟**

ج/

**أدوات النشاط :**

مصدر للفولطية المتناوبة تردده ثابت ، قلب من الحديد المطاوع ، اميتر ، فولطميتر ، ملف مجوف مهمل المقاومة (محث) ، مفتاح كهربائي .




**خطوات النشاط :**

- نربط دائرة كهربائية عملية (تتألف من الملف والاميتر ومصدر الفولطية على التوالي ، ونربط الفولطميتر على التوازي بين طرفي الملف .
- نغلق الدائرة ونلاحظ قراءة الاميتر .
- ندخل قلب الحديد تدريجيا في جوف الملف مع المحافظة على بقاء مقدار الفولطية بين طرفي الملف ثابتا (بمراقبة قراءة الفولطميتر) . سنلاحظ نقصان قراءة الاميتر في الدائرة وذلك بسبب ازدياد مقدار رادة الحث لان إدخال قلب الحديد في جوف الملف يزيد من معامل الحث الذاتي للملف .

**الاستنتاج :**

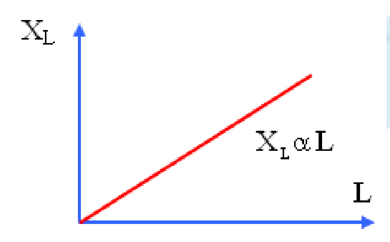
نستنتج من النشاط ان رادة الحث تتناسب طرديا مع معامل الحث الذاتي للملف ( $X_L \alpha L$ ) بثبوت تردد التيار.

من النشاط المذكور انفا يمكننا رسم مخطط بيانيا يمثل العلاقة الطردية بين رادة الحث ($X_L$) ومعامل الحث الذاتي (L) وكما موضح في الشكل :


شكل (16)

**س/ ارسم المخطط البياني الذي يبين العلاقة بين رادة الحث ومعامل الحث الذاتي ؟ ثم اذكر نوع العلاقة بينهما؟**

ج/ العلاقة بين رادة الحث ومعامل الحث الذاتي علاقة طردية بثبوت تردد التيار .

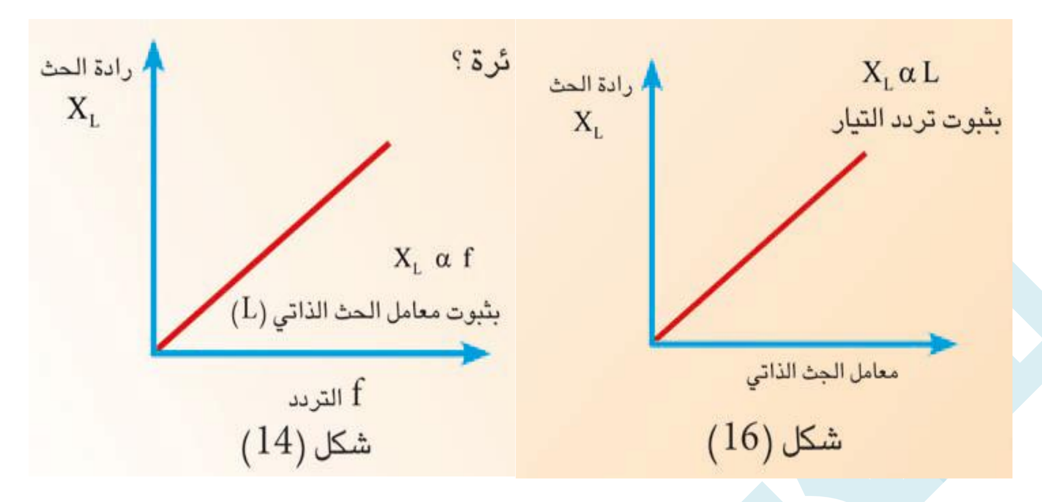



س/ كيف تفسر ازدياد مقدار رادة الحث بازدياد تردد الدائرة على وفق قانون لنز؟

ج/ ان ازدياد تردد الدائرة يعني ازدياد تردد التيار المنساب في الدائرة أي ازدياد المعدل الزمني للتغير في التيار ( $\frac{\Delta I}{\Delta t}$ ) فتزداد بذلك القوة الدافعة الكهربائية المحتثة في المحث والتي تعمل على عرقلة المسبب لها ( $\varepsilon \alpha -\frac{\Delta I}{\Delta t}$ ) على وفق قانون لنز أي تعرقل المعدل الزمني للتغير في التيار فتزداد نتيجة لذلك رادة الحث التي تمثل تلك المعاكسة التي يبديها المحث للتغير في التيار .

س/ لدائرة تحتوي محث صرف مثل بيانيا العلاقة بين رادة الحث والتردد مرة وبين رادة الحث ومعامل الحث الذاتي مرة اخرى .

ج/



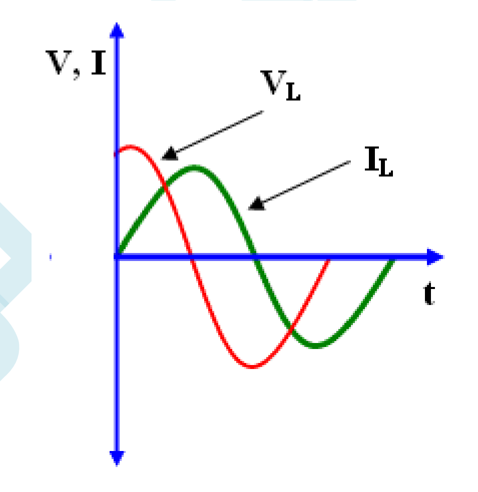

س/ ماذا يعمل الملف ؟ ولماذا ؟ 1- عند الترددات الواطئة جدا . 2- عند الترددات العالية جدا .

ج/ 1- يعمل عمل مقاومة صرف هي مقاومة أسلاكه لان رادة الحث تقل وقد تصل إلى الصفر ($X_L=2\pi f L$) فهي تتناسب طرديا مع تردد التيار ( $X_L \alpha f$ ) .

2- يعمل عمل مفتاح مفتوح . لان الترددات العالية جدا تؤدي إلى زيادة رادة الحث زيادة كبيرة جدا قد تؤدي إلى قطع تيار الدائرة .

**س/ ارسم المخطط البياني الذي يوضح العلاقة بين الفولطية والتيار لدائرة تحتوي محث صرف؟**

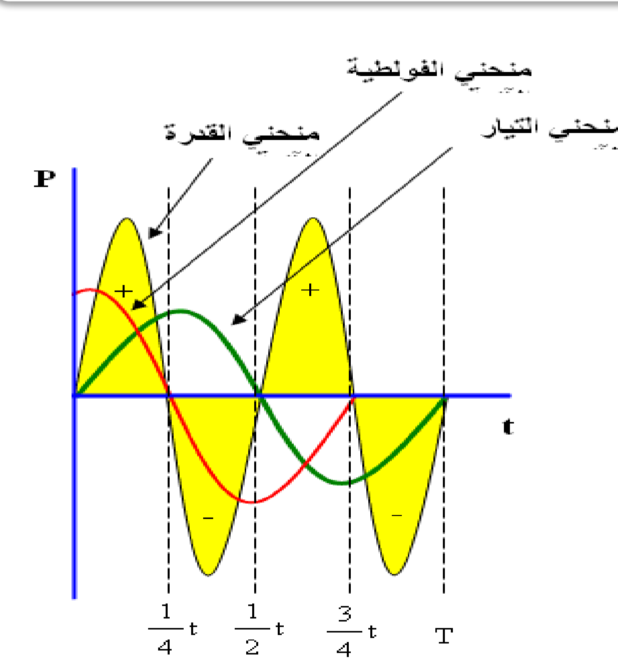
ج/




**القدرة في دائرة تيار متناوب تحتوي على محث صرف :**

**س/ القدرة المتوسطة لدورة كاملة او عدد صحيح من الدورات الكاملة تساوي صفر لدائرة تيار متناوب تحتوي محث صرف ؟ ما سبب ذلك ؟**

ج/ لأنه عند تغير التيار المنساب في المحث من الصفر إلى المقدار الأعظم في احد أرباع الدورة تنتقل الطاقة من المصدر وتختزن في المحث بهيئة مجال مغناطيسي (يمثله الجزء الموجب من منحني القدرة) وعند تغير التيار من المقدار الأعظم إلى الصفر في الربع الذي يليه تعاد جميع الطاقة إلى المصدر(يمثله الجزء السالب من منحني القدرة)




شكل يوضح
منحني القدرة المتوسطة

س/ لماذا لا تعد رادة الحث مقاومة اومية ولا تخضع لقانون جول الحراري ؟

ج/ لأنها لا تستهلك قدرة (القدرة المتوسطة تساوي صفر) .

س/ لماذا لا يبدد المحث الصرف قدرة في دائرة التيار المتناوب ؟

ج/ وذلك لعدم وجود مقاومة في الدائرة .

مثال2(كتاب)/ ملف مهمل المقاومة (محث صرف) معامل حثه الذاتي ( $\frac{50}{\pi}$ mH ) ربط بين قطبي مصدر للفولطية المتناوبة فرق الجهد بين طرفيه (20V) . احسب كل من رادة الحث والتيار في الدائرة عندما يكون تردد الدائرة :

a- ( f=10Hz )    b- (f=1MHz)

الحل

$$L = \frac{50}{\pi} mH = \frac{50}{\pi} \times 10^{-3} = \frac{5}{\pi} \times 10^{-2} H$$

$$a - \; X_L = 2\pi f L = 2\pi \times 10 \times \frac{5}{\pi} \times 10^{-2} = 1\Omega$$

$$I = \frac{V_L}{X_L} = \frac{20}{1} = 20A$$

$$b - \; f = 1MHz = 10^6 Hz$$

$$X_L = 2\pi f L = 2\pi \times 10^6 \times \frac{5}{\pi} \times 10^{-2} = 10^5 \Omega$$

$$I = \frac{V_L}{X_L} = \frac{20}{10^5} = 2 \times 10^{-4} A$$

سعيد محي تومان

## دائرة تيار متناوب الحمل فيها متسعة صرف :

**س/ بماذا تمتاز دائرة تيار متناوب الحمل فيها متسعة صرف ؟**

ج/

1- متجه الطور للتيار يسبق متجه الطور للفولطية بزاوية فرق طور $(\phi = \frac{\pi}{2} = 90^\circ)$ او ربع دورة .

2- عامل القدرة (Pf) يساوي $(Cos\phi)$ ويساوي $(Cos90^\circ)$ ويساوي صفر .

$I_C$ ، $V_C$ ، $\omega$ ، $\phi = 90^\circ$

3- معادلات الفولطية عبر المتسعة والتيار المناسب في الدائرة معطاة بالعلاقات التالية

$$V_C = V_m \sin(\omega t)$$

$$I_C = I_m \sin(\omega t + \frac{\pi}{2})$$

حيث :

$V_C$ : المقدار الآني للفولطية عبر المتسعة . $V_m$ : المقدار الأعظم للفولطية عبر المتسعة .

$I_C$ : المقدار الآني للتيار عبر المتسعة . $I_m$ : المقدار الأعظم للتيار عبر المتسعة ، $\omega t$ : زاوية الطور.

4- تبدي المتسعة معاكسة ضد التغير في فولطية الدائرة تسمى رادة السعة $(X_C)$ تقاس بالاوم وتخضع إلى قانون اوم إلا إنها ليست مقاومة ولا تخضع إلى قانون جول الحراري .

5- تعتمد رادة السعة على سعة المتسعة وتتناسب معها عكسيا بثبوت التردد الزاوي وعلى التردد الزاوي وتتناسب معه عكسيا بثبوت سعة المتسعة .

6- لا تستهلك المتسعة الصرف قدرة حقيقية وإنما تختزن الطاقة في المجال الكهربائي بين صفيحتيها ثم تعيدها أثناء التفريغ إلى المصدر بهيئة طاقة كهربائية .

7- منحني القدرة بشكل منحني الجيب تردده ضعف تردد الفولطية او التيار ومعدلها يساوي صفر لدورة كاملة او لعدد صحيح من الدورات الكاملة لان الأجزاء الموجبة للقدرة تساوي الأجزاء السالبة لها .

**رادة السعة $(X_C)$ لمتسعة :** هي المعاكسة التي تبديها المتسعة للتغير في تردد الفولطية الموضوعة في الدائرة .

تحسب رادة السعة لمتسعة يمر فيها تيار متناوب من العلاقات التالية :

$$X_C = \frac{V_C}{I_C}$$ حسب قانون اوم

or

$$X_C = \frac{1}{\omega C} \quad or \quad X_C = \frac{1}{2\pi f C}$$ حسب العوامل

حيث :

$\omega$ : التردد الزاوي ووحدته rad/s

C : سعة المتسعة ووحدتها فاراد (F) .

f : تردد الفولطية او تردد التيار او تردد المصدر ووحدته هرتز (Hz)

**س/ علامَ تعتمد رادة السعة؟**

ج/ تعتمد رادة السعة على :

1- سعة المتسعة (C) وتتناسب معها عكسيا بثبوت التردد الزاوي أي ان : $X_C \alpha \frac{1}{C}$ .

2- التردد الزاوي ($\omega$) وتتناسب معه عكسيا بثبوت سعة المتسعة أي ان : $X_C \alpha \frac{1}{\omega}$ .

**س/ اشتق معادلة التيار لدائرة تيار متناوب تحتوي متسعة ذات سعة صرف؟**

ج/

$$I_C = \frac{\Delta Q}{\Delta t} = \frac{\Delta(C.V_C)}{\Delta t} = C.\frac{\Delta V_C}{\Delta t} = C.\frac{\Delta V_m \sin(\omega t)}{\Delta t} = C\,V_m \frac{\Delta \sin(\omega t)}{\Delta t}$$

$$= \omega C\,V_m \cos(\omega t) = \frac{1}{X_C}.V_m \cos(\omega t) = \frac{V_m}{X_C}\cos(\omega t)$$

$$\therefore\ I_C = I_m \cos(\omega t) \quad \Rightarrow \quad I_C = I_m \sin(\omega t + \frac{\pi}{2})$$

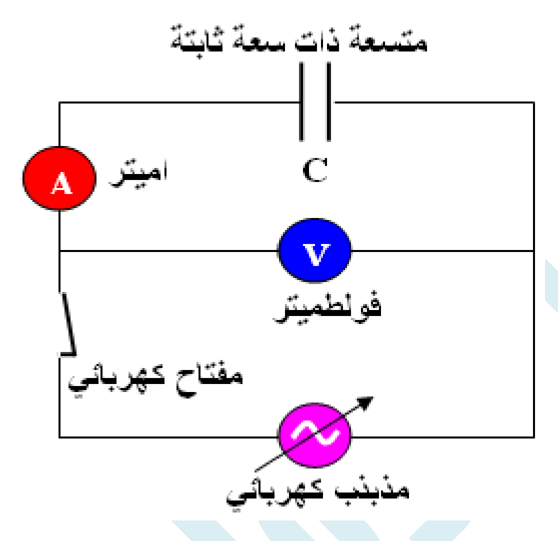
**س/ اشرح نشاطا يوضح تأثير تغير مقدار تردد فولطية المصدر في مقدار رادة السعة لمتسعة؟ ارسم الدائرة الكهربائية العملية اللازمة لإجراء هذا النشاط ؟**

**أدوات النشاط :**

اميتر ، فولطميتر ، متسعة ذات الصفيحتين المتوازيتين ، مذبذب كهربائي وأسلاك توصيل ، مفتاح كهربائي .

**خطوات النشاط :**

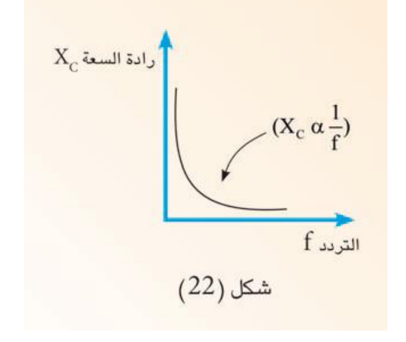
- نربط دائرة كهربائية عملية (تتألف من المتسعة والاميتر والمذبذب الكهربائي على التوالي ، ونربط الفولطميتر على التوازي بين صفيحتي المتسعة) .
- نغلق الدائرة ونبدأ بزيادة تردد المذبذب الكهربائي مع المحافظة على بقاء مقدار فرق الجهد بين صفيحتي المتسعة ثابتا (بمراقبة قراءة الفولطميتر) سنلاحظ ازدياد قراءة الاميتر(ازدياد التيار المنساب في الدائرة مع ازدياد تردد فولطية المصدر)




**الاستنتاج :**

نستنتج من النشاط ان رادة السعة تتناسب عكسيا مع تردد فولطية المصدر( $X_C \alpha \frac{1}{f}$ ) بثبوت سعة المتسعة .

ويمكن رسم العلاقة بين تردد فولطية المصدر ورادة السعة بيانيا كما موضح في الشكل :



شكل (22)

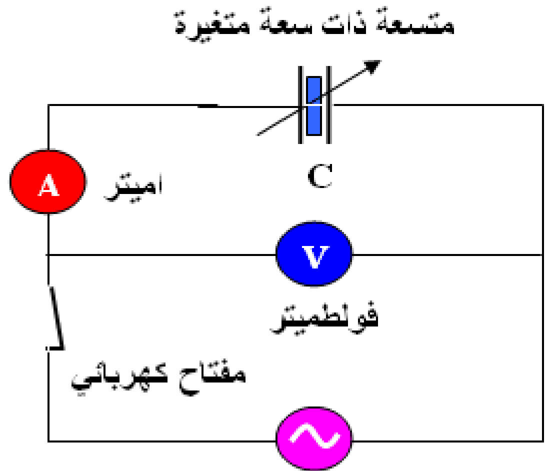
**س/ اشرح نشاطا يوضح تأثير تغير سعة المتسعة في مقدار رادة السعة لمتسعة؟ ارسم الدائرة الكهربائية العملية اللازمة لإجراء هذا النشاط ؟**

**أدوات النشاط :**

مصدر للفولطية المتناوبة تردده ثابت (ولكن يمكن تغيير مقدار فرق الجهد بين طرفيه) ، اميتر ، فولطميتر ، متسعة ذات الصفيحتين المتوازيتين متغيرة السعة ، مفتاح كهربائي .

**خطوات النشاط :**

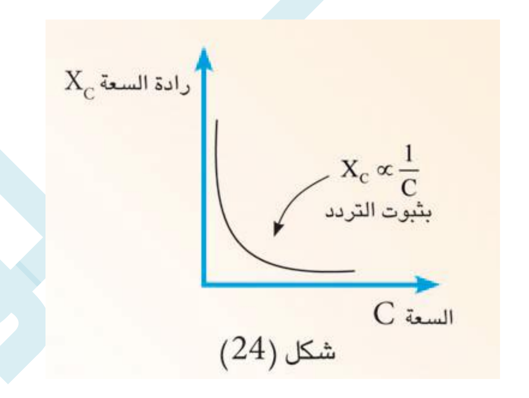
- نربط دائرة كهربائية عملية (تتألف من المتسعة والاميتر ومصدر الفولطية على التوالي ونربط الفولطميتر على التوازي بين صفيحتي المتسعة) .
- نغلق الدائرة ونلاحظ قراءة الاميتر.
- نزيد مقدار سعة المتسعة تدريجيا (وذلك بإدخال لوح من مادة عازلة كهربائيا بين صفيحتي المتسعة) . نلاحظ ازدياد قراءة الاميتر(ازدياد التيار المنساب في الدائرة زيادة طردية مع ازدياد سعة المتسعة) .




**الاستنتاج :**

نستنتج من النشاط ان رادة السعة تتناسب عكسيا مع مقدار سعة المتسعة ( $X_C \alpha \frac{1}{C}$ ) بثبوت تردد فولطية المصدر.

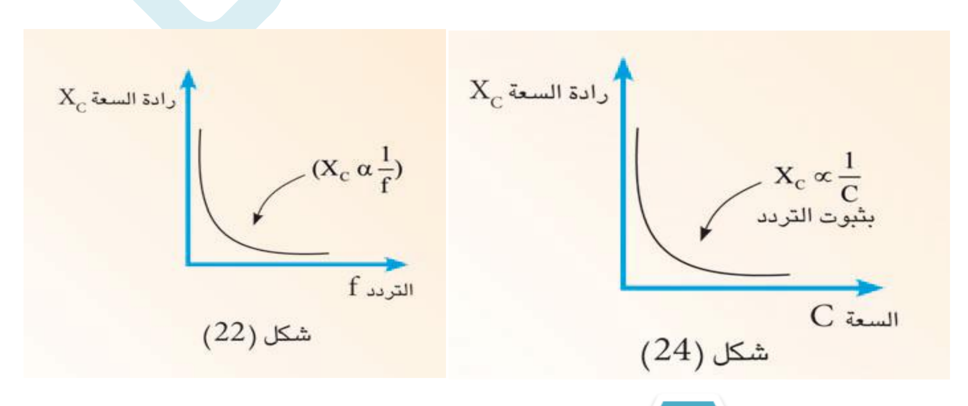
والعلاقة البيانية بين رادة السعة والسعة علاقة عكسية بثبوت تردد فولطية المصدر عندما يكون الحمل في الدائرة متسعة ذات سعة صرف كما في الشكل :



شكل (24)

**س/ لدائرة تحتوي متسعة ذات سعة صرف مثل بيانيا العلاقة بين رادة السعة والتردد مرة وبين رادة السعة والسعة مرة اخرى .**

ج/



شكل (22) شكل (24)

**س/ ما عمل المتسعة ؟ ولماذا ؟ 1- عند الترددات العالية . 2- عند الترددات الواطئة جدا .**

ج/ 1- تعمل المتسعة عمل مفتاح مغلق (تعد المتسعة خارج الدائرة) لان عند الترددات العالية جدا نقل رادة السعة وقد تصل إلى الصفر (رادة السعة تتناسب عكسيا مع التردد $X_C \alpha \frac{1}{f}$) .

2- تعمل عمل مفتاح مفتوح كما يحصل عند وجود المتسعة في دائرة التيار المستمر لأنه عند الترددات الواطئة جدا تزداد رادة السعة إلى مقدار كبير جدا قد يقطع تيار الدائرة (رادة السعة تتناسب عكسيا مع التردد $X_C \alpha \frac{1}{f}$) .

**س/ ماذا يحصل عند ربط صفيحتي متسعة بين طرفي مصدر ذي فولطية متناوبة ؟**

ج/ المتسعة ستنشحن وتتفرغ بالتعاقب وبصورة دورية وبذلك تعتبر دائرتها مغلقة.

مثال3(كتاب)/ ربطت متسعة سعتها ($\frac{4}{\pi}\mu F$) بين قطبي مصدر للفولطية المتناوبة فرق الجهد بين طرفيه (2.5V).
احسب مقدار رادة السعة ومقدار التيار في هذه الدائرة اذا كان تردد الدائرة (a) (5Hz)　(b) ($5\times10^5$Hz)

الحل

$$C=\frac{4}{\pi}\mu=\frac{4}{\pi}\times10^{-6}F$$

$$a-\ X_C=\frac{1}{2\pi f\,C}=\frac{1}{2\pi\times5\times\frac{4}{\pi}\times10^{-6}}=\frac{10^5}{4}=25\times10^3\Omega$$

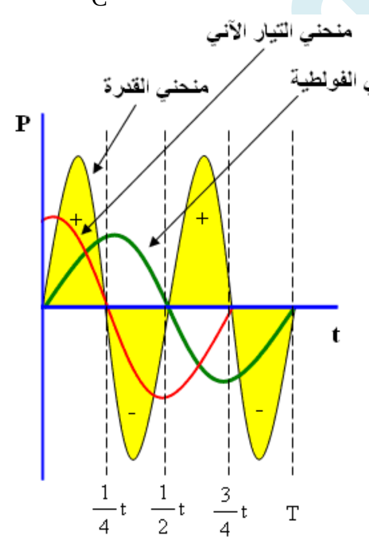
$$I=\frac{V_C}{X_C}=\frac{2.5}{25\times10^3}=10^{-4}A$$

$$b-\ X_C=\frac{1}{2\pi f\,C}=\frac{1}{2\pi\times5\times10^5\times\frac{4}{\pi}\times10^{-6}}=\frac{1}{4}=0.25\Omega$$

$$I=\frac{V_C}{X_C}=\frac{2.5}{0.25}=10A$$

**س/ القدرة المتوسطة لدورة كاملة او عدد صحيح من الدورات الكاملة يساوي صفر لدائرة تيار متناوب تحتوي متسعة صرف ؟ ما سبب ذلك ؟**

ج/ ان سبب ذلك هو ان المتسعة تنشحن خلال الربع الأول من الدورة ثم تفرغ جميع شحنتها إلى المصدر خلال الربع الذي يليه من الدورة وبعدها تنشحن المتسعة بقطبية معاكسة وتتفرغ و هكذا بالتعاقب .




شكل يوضح
منحني القدرة المتوسطة

**س/ لماذا لا تبدد المتسعة ذات السعة الصرف قدرة في دائرة التيار المتناوب؟**

ج/ لعدم وجود مقاومة في الدائرة .

**س/ ماذا يحصل ؟ ولماذا ؟ لتوهج مصباح كهربائي ربط على التوالي مع متسعة ذات سعة صرف ومصدرا للتيار المتناوب عند الترددات الزاوية العالية بثبوت مقدار فولطية المصدر.**

ج/ يزداد توهج المصباح لان عند الترددات الزاوية العالية تقل رادة السعة ويزداد التيار حسب العلاقة :

$$I_C = \frac{V_C}{X_C}$$

**دائرة تيار متناوب تحتوي عنصرين او ثلاثة عناصر متوالية او متوازية الربط :**

في حالة ربط عنصرين (R-L) او (R-C) او ثلاثة عناصر (R-L-C) على التوالي او على التوازي الى مصدر متناوب فاننا نتخذ من المحور x محور اسناد (محور مرجع) وعندما ينطبق متجه الطور للتيار (في ربط التوالي) او متجه الطور للفولطية (في ربط التوازي) على المحور المرجع يسمى متجه اساس .

## اولا : ربط العناصر على التوالي :

- المتجهات الطورية للتيارات $(I_R , I_L , I_C)$ تنطبق على الاتجاه الموجب من محور الاسناد (المحور x) .
- المتجهات الطورية للفولطية $(V_R , V_L , V_C)$ يصنع كل منها زاوية فرق طور $\phi$ مع المحور x .
- في هذا الربط $(V_R)$ و (I) في طور واحد ، $(V_L)$ يسبق (I) بـ (90°) ، $(V_C)$ يتاخر عن (I) بـ (90°) عند رسم المتجهات الطورية للفولطية .

**خواص ربط العناصر على التوالي :**

1- مقدار التيار متساوي على جميع عناصر الدائرة ويساوي التيار الكلي (التيار الرئيسي) لذلك نرسم متجه الطور للتيار على محور الإسناد (كأساس) .

اي ان :

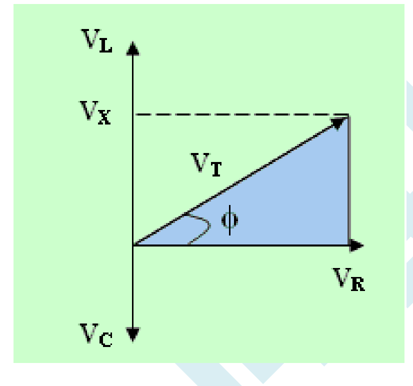
$$I_R = I_L = I_C = I_T = I \quad \text{ثابت}$$

2- مقدار فرق الجهد يختلف من عنصر إلى آخر لذلك يمكن حساب الفولطية الكلية (الفولطية المحصلة) والتي رمزها $(V_T)$ وذلك بجمع فروق الجهد لعناصر الدائرة جمعا طوريا (اتجاهيا) (بسبب وجود زاوية فرق الطور) وذلك بتطبيق مبرهنة فيثاغورس وحسب عناصر الدائرة وفقا لمخططات الفولطية الاتية :

## اولا : دائرة (R L C)

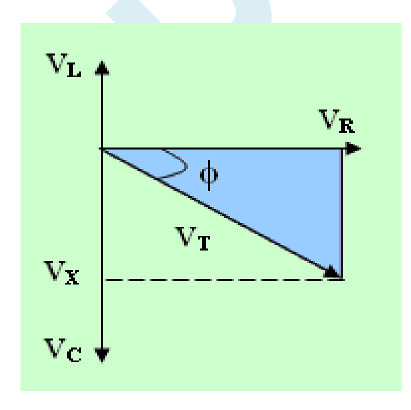
a- اذا كانت $V_L > V_C$ فان :

- خواص الدائرة حثية وان فولطية الرادة المحصلة $(V_X)$ موجبة
- زاوية فرق الطور $(\phi)$ بين متجه الطور للفولطية الكلية $(V_T)$ ومتجه الطور للتيار(I) موجبة
- متجه الطور للفولطية الكلية يسبق متجه الطور للتيار بزاوية فرق طور $(\phi)$.
- مثلث الفولطية يرسم في الربع الأول (نحو الأعلى)




b- اذا كانت $V_L < V_C$ فان :

- خواص الدائرة سعوية وان فولطية الرادة المحصلة $(V_X)$ سالبة
- زاوية فرق الطور $(\phi)$ بين متجه الطور للفولطية الكلية $(V_T)$ ومتجه الطور للتيار سالبة
- متجه الطور للفولطية الكلية يتأخر (يتخلف) عن متجه الطور للتيار بزاوية فرق طور $(\phi)$.
- مثلث الفولطية يرسم في الربع الرابع (نحو الأسفل)



**وسواء كانت الخواص حثية او سعوية فمن مثلثات الفولطية اعلاه يمكن ايجاد ($V_T$) او ($\varphi$) او ($Pf$) كما يلي :**

$$V_T^2 = V_R^2 + V_X^2 \quad , \quad \tan\phi = \frac{V_X}{V_R} \quad , \quad Pf = \cos\phi = \frac{V_R}{V_T}$$

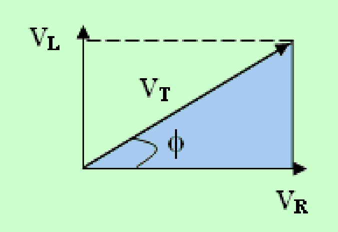
حيث :
$V_X$ : فولطية الرادة المحصلة وتساوي الفرق بين فولطية الرادتين (رادة الحث ورادة السعة) اي ان :

$$V_X = V_L - V_C$$

وتعوض ($V_X$) باشارة سالبة عند حساب ($\phi$) من ($\tan\phi$) او عند حساب ($V_L$) او ($V_C$) من الفرق ($V_X=V_L-V_C$)

## ثانيا : دائرة (R L)

اذا وردت عبارة (ملف) او (ملف ومقاومة) او (محث ومقاومة) مربوطة الى مصدر متناوب فهذا يعني دائرة (RL) ويكون المخطط الطوري للفولطية لهذه الدائرة بالربع الاول.

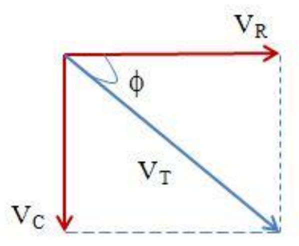



**من مثلث الفولطية يمكن ايجاد ($V_T$) او ($\varphi$) او ($Pf$) كما يلي :**

$$V_T^2 = V_R^2 + V_L^2 \quad , \quad \tan\phi = \frac{V_L}{V_R} \quad , \quad Pf = \cos\phi = \frac{V_R}{V_T}$$

## ثالثا : دائرة (R C)

**من مثلث الفولطية يمكن ايجاد ($V_T$) او ($\varphi$) او ($Pf$) كما يلي :**




$$V_T^2 = V_R^2 + V_C^2 \quad , \quad \tan\phi = \frac{V_C}{V_R} \quad , \quad Pf = \cos\phi = \frac{V_R}{V_T}$$

حيث ($V_C$) تعوض باشارة سالبة عند ايجاد ($\phi$).

اما لايجاد الفولطية الكلية في اية لحظة (الفولطية الكلية الانية) والتيار في اية لحظة (التيار الاني ) فنستخدم معادلات الفولطية والتيار الاتية :

$I_{ins} = I_m \sin(\omega t)$ اساس

$V_{T(ins)} = V_m \sin(\omega t + \phi)$ الربع الاول — دائرة (R-L-C) للخواص الحثية او دائرة (R-L) .

or

$V_{T(ins)} = V_m \sin(\omega t - \phi)$ الربع الرابع — دائرة (R-L-C) للخواص السعوية او دائرة (R-C)

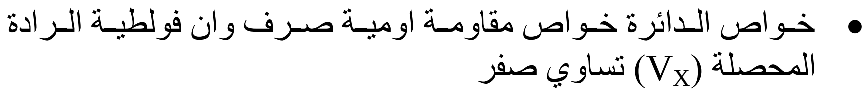
حيث :

$$I_m = \sqrt{2}\, I_T \quad , \quad V_m = \sqrt{2}\, V_T \quad , \quad \omega = 2\pi f$$

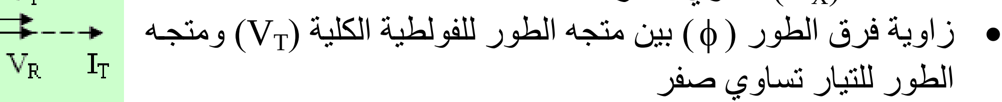
الفولطية المؤثرة تمثل الفولطية الكلية (الفولطية المحصلة) ( $V_T$ ) والتيار المؤثر يمثل تيار الدائرة الرئيسي (I).

## ملاحظة/

اذا كانت $V_L = V_C$ فان :



- خواص الدائرة خواص مقاومة اومية صرف وان فولطية الرادة المحصلة $(V_X)$ تساوي صفر



- زاوية فرق الطور ( $\phi$ ) بين متجه الطور للفولطية الكلية $(V_T)$ ومتجه الطور للتيار تساوي صفر
- متجه الطور للفولطية الكلية ينطبق على متجه الطور للتيار (أي انهما في طور واحد)

$V_L$, $V_T$, $V_R$, $I_T$, $V_C$



## قانون اوم :

**يعبر عن قانون اوم في دوائر التيار المتناوب حسب العنصر في الدائرة وكما يلي :**

$$R = \frac{V_R}{I_R} \quad , \quad X_L = \frac{V_L}{I_L} \quad , \quad X_C = \frac{V_C}{I_C}$$

اما نسبة فرق الجهد الكلي (المحصل) ورمزه $(V_T)$ الى التيار الكلي $(I_T)$ فتسمى بالممانعة الكلية للدائرة ورمزها $(Z)$ حيث تقاس بالاوم وتخضع الى قانون اوم الا انها ليست مقاومة لذلك ووفقا لقانون اوم يعبر عن الممانعة كما يلي:

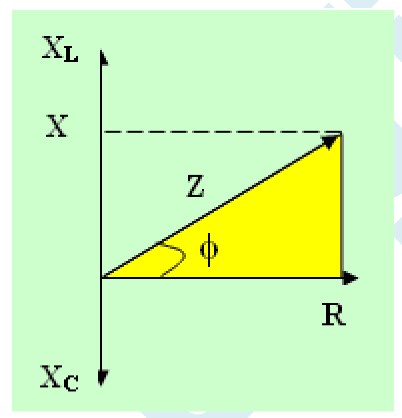
$$Z = \frac{V_T}{I_T}$$

وبعد قسمة كل متجه من المتجهات الطورية في مخطط الفولطية على $(I)$ نحصل على مخطط اخر يسمى مخطط الممانعة وحسب عناصر الدائرة وكما يلي :

### اولا : دائرة $(R\ L\ C)$

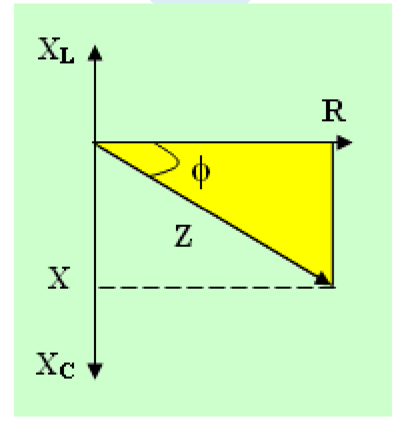
1- اذا كانت $X_L > X_C$ فان :

- خواص الدائرة حثية وان الرادة المحصلة $(X)$ موجبة
- زاوية فرق الطور ( $\phi$ ) بين متجه الطور للفولطية الكلية $(V_T)$ ومتجه الطور للتيار $(I)$ موجبة
- متجه الطور للفولطية الكلية يسبق متجه الطور للتيار بزاوية فرق طور ( $\phi$ ).
- مثلث الممانعة يرسم في الربع الأول (نحو الأعلى)




2- اذا كانت $X_L < X_C$ فان :

- خواص الدائرة سعوية وان الرادة المحصلة $(X)$ سالبة
- زاوية فرق الطور ( $\phi$ ) بين متجه الطور للفولطية الكلية $(V_T)$ ومتجه الطور للتيار سالبة
- متجه الطور للفولطية الكلية يتأخر (يتخلف) عن متجه الطور للتيار بزاوية فرق طور ( $\phi$ ).
- مثلث الممانعة يرسم في الربع الرابع (نحو الأسفل)



**وسواء كانت الخواص حثية او سعوية فمن مثلثات الممانعة اعلاه يمكن ايجاد (Z) او (φ) او (Pf) كما يلي:**

$$Z^2 = R^2 + X^2 \quad , \quad \tan\phi = \frac{X}{R} \quad , \quad Pf = \cos\phi = \frac{R}{Z}$$

حيث :

X: الرادة المحصلة وتقاس بالاوم (Ω) وتخضع الى قانون اوم الا انها ليست مقاومة وتمثل الفرق بين الرادتين (رادة الحث ورادة السعة) .

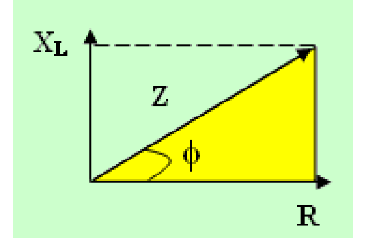
$$X = X_L - X_C$$

وتعوض (X) باشارة سالبة عند حساب (ϕ) من (tanϕ) او عند حساب ($X_L$) او ($X_C$) من الفرق ($X=X_L-X_C$)

Z : الممانعة الكلية للدائرة وتعرف بانها **(المعاكسة المشتركة للرادة والمقاومة ضد مرور التيار الكهربائي)** وتقاس بالاوم وتخضع الى قانون اوم لكنها ليست مقاومة .

## ثانيا : دائرة (R L)

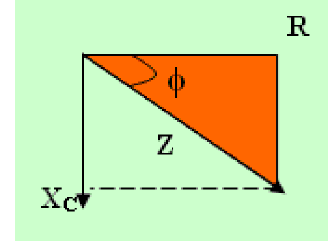
**من مثلث الممانعة يمكن ايجاد (Z) او (φ) او (Pf) كما يلي :**




$$Z^2 = R^2 + X_L^2 \quad , \quad \tan\phi = \frac{X_L}{R} \quad , \quad Pf = \cos\phi = \frac{R}{Z}$$

## ثالثا : دائرة (R C)

**من مثلث الممانعة يمكن ايجاد (Z) او (φ) او (Pf) كما يلي :**

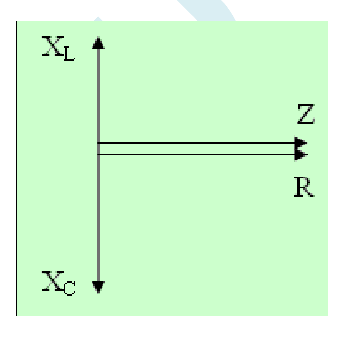



$$Z^2 = R^2 + X_C^2 \quad , \quad \tan\phi = \frac{X_C}{R} \quad , \quad Pf = \cos\phi = \frac{R}{Z}$$

حيث ($X_C$) تعوض باشارة سالبة عند ايجاد(ϕ).

## ملاحظة/

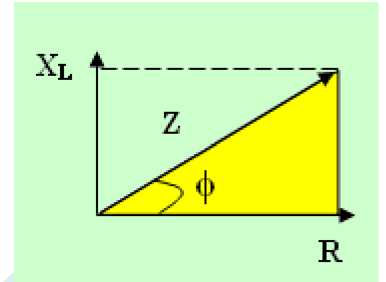
إذا كانت $X_L = X_C$ فان :

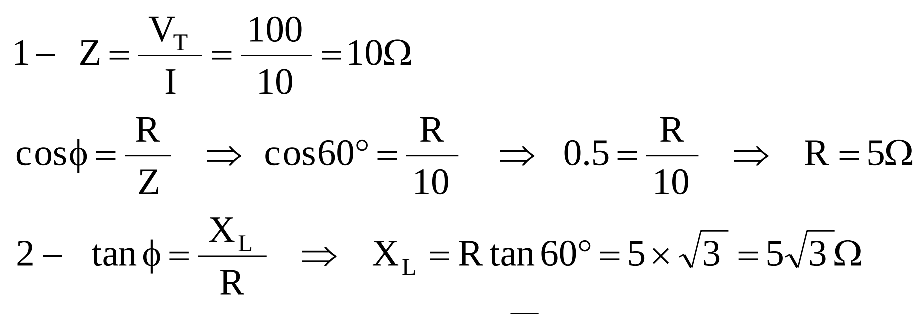



- خواص الدائرة خواص مقاومة اومية صرف والرادة المحصلة (X=0) .
- زاوية فرق الطور ( ϕ) بين متجه الطور للفولطية ($V_T$) ومتجه الطور للتيار تساوي صفر .
- متجه الطور للفولطية الكلية ينطبق على متجه الطور للتيار ( أي انهما في طور واحد) .

مثال4(كتاب) / ربط ملف معامل حثه الذاتي $(L = \frac{\sqrt{3}}{\pi} mH)$ بين قطبي مصدر للفولطية المتناوبة فرق جهده (100V) فكانت زاوية فرق الطور $(\phi)$ بين متجه الطور للفولطية الكلية ومتجه الطور للتيار $60^{o}$ ومقدار التيار المنساب في الدائرة (10A) ما مقدار : 1- مقاومة الملف 2- تردد الدائرة

**الحل**



$$1-\quad Z = \frac{V_T}{I} = \frac{100}{10} = 10\Omega$$

$$\cos\phi = \frac{R}{Z} \Rightarrow \cos 60^{\circ} = \frac{R}{10} \Rightarrow 0.5 = \frac{R}{10} \Rightarrow R = 5\Omega$$

$$2-\quad \tan\phi = \frac{X_L}{R} \Rightarrow X_L = R\tan 60^{\circ} = 5\times\sqrt{3} = 5\sqrt{3}\,\Omega$$

$$X_L = 2\pi f L \Rightarrow 5\sqrt{3} = 2\pi f \times \frac{\sqrt{3}}{\pi}\times 10^{-3} \Rightarrow 5 = 2f\times 10^{-3} \Rightarrow f = \frac{5000}{2} = 2500Hz$$

**القدرة الحقيقية :** هي القدرة المستهلكة على طرفي المقاومة وتقاس بالواط .
وتحسب القدرة الحقيقية من العلاقات التالية :

$$P_{real} = I_R V_R \quad or \quad P_{real} = I_R^2 . R \quad or \quad P_{real} = \frac{V_R^2}{R}$$

**القدرة الظاهرية :** هي القدرة التي يجهزها مصدر التيار المتناوب للدائرة بأكملها وتقاس بالفولط أمبير (VA)
وتحسب من العلاقات التالية :

$$P_{app} = I_T V_T \quad or \quad P_{app} = I_T^2 . Z \quad or \quad P_{app} = \frac{V_T^2}{Z}$$

**اما العلاقة بين القدرة الحقيقية والقدرة الظاهرية فيعبر عنها كما يلي :**

$$P_{real} = I_T V_T \cos\phi \quad or \quad P_{real} = P_{app}\cos\phi$$

**عامل القدرة (Power factor) :** هو نسبة القدرة الحقيقية $(P_{real})$ الى القدرة الظاهرية $(P_{app})$ ويرمز له (Pf)
أي ان :

$$Pf = \frac{P_{real}}{P_{app}} \Rightarrow Pf = \frac{I_T V_T \cos\phi}{I_T V_T} \Rightarrow Pf = \cos\phi$$

أي ان عامل القدرة (Pf) يساوي جيب تمام زاوية فرق الطور .

س/ هل يمكن ؟ ولماذا ؟ ان يكون مقدار عامل القدرة اكبر من الواحد الصحيح ؟

ج/ كلا . لانه لا يمكن ان تكون القدرة الحقيقية اكبر من القدرة الظاهرية ( $Pf = \frac{P_{real}}{P_{app}}$ ) .

مثال5(كتاب)/ دائرة تيار متناوب تحتوي مقاومة صرف ومتسعة ومحث صرف (R L C) مربوطة مع بعضها على التوالي ومجموعتها مربوطة مع مصدر للفولطية المتناوبة (200V) وكانت $R=40\Omega$ ، $X_L=120\Omega$ ، $X_C = 90\Omega$ احسب مقدار:

1- الممانعة الكلية 2- التيار المنساب في الدائرة وارسم المخطط الطوري للمانعة
3- زاوية فرق الطور بين متجه الطور للفولطية ومتجه الطور للتيار وما هي خصائص هذه الدائرة .
4- عامل القدرة 5- القدرة الحقيقية المستهلكة في المقاومة
6- القدرة الظاهرية (القدرة المجهزة للدائرة) .

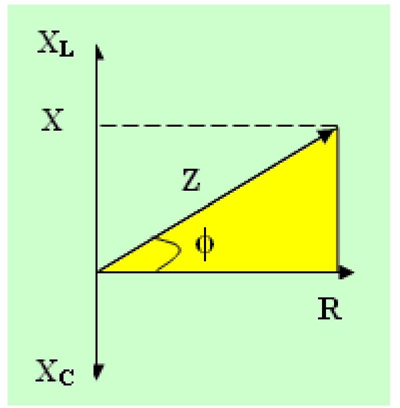
**الحل**

$$1- \quad Z^2 = R^2 + (X_L - X_C)^2 = (40)^2 + (120-90)^2 = 1600 + 900 = 2500$$

$$\therefore \quad Z = 50\Omega$$

$$2- \quad I = \frac{V_T}{Z} = \frac{200}{50} = 4A$$

$$3- \quad \tan\phi = \frac{X_L - X_C}{R} = \frac{120-90}{40} = \frac{30}{40} = \frac{3}{4} \Rightarrow \phi = 37^\circ$$ ( خصائص حثية )




$$4- \quad Pf = \cos\phi = \frac{R}{Z} = \frac{40}{50} = 0.8$$

$$5- \quad P_{real} = I^2 R = (4)^2 \times 40 = 16 \times 40 = 640 watt$$

$$P_{app} = I V_T = 4 \times 200 = 800 VA$$

س/ ما العلاقة بين القدرة الحقيقية والقدرة الظاهرية في دوائر التيار المتناوب التي تحتوي على مقاومة صرف ومتسعة صرف ومحث صرف ؟

ج/ $P_{real} = P_{app} \cos\phi$

س/ هل يستهلك المحث الصرف قدرة حقيقية ؟ ولماذا ؟

ج/ كلا . لان المحث يختزن الطاقة في مجاله المغناطيسي خلال احد أرباع الدورة ثم يعيدها إلى المصدر بشكل طاقة كهربائية خلال الربع الذي يليه .

س/ هل تستهلك المتسعة ذات السعة الصرف قدرة حقيقية ؟ ولماذا ؟

ج/ كلا . لان المتسعة تختزن الطاقة في المجال الكهربائي بين صفيحتيها خلال احد أرباع الدورة ثم تعيدها إلى المصدر بشكل طاقة كهربائية خلال الربع الذي يليه .

س/ ملف قلبه حديد ربط على التوالي مع مصدر للفولطية المتناوبة ومصباح ، ماذا يحصل لتوهج المصباح ؟ (مع ذكر السبب ) اذا اخرج ساق الحديد من تجويف الملف .

ج/ ان اخراج ساق الحديد سوف يقلل معامل الحث الذاتي للملف وبذلك تقل رادة الحث وبالتالي تقل ممانعة الدائرة فيزداد التيار ويزداد توهج المصباح .

س/ وضح ما التغير الذي يحصل في توهج مصباح مربوط في دائرة تيار متناوب عندما يربط مع المصباح على التوالي ؟ 1- ملف مهمل المقاومة . 2- متسعة ذات سعة صرف بدلا من الملف .
ج/ 1- تقل شدة توهج المصباح لنقصان التيار المنساب فيه بسبب ازدياد ممانعة الدائرة نتيجة لتولد رادة حث فضلا عن مقاومة المصباح .
2- تقل شدة توهج المصباح لنقصان التيار المنساب فيه بسبب ازدياد ممانعة الدائرة نتيجة لتولد رادة سعة فضلا عن مقاومة المصباح .

**الرنين في دوائر التيار المتناوب :**

س/ ما الأهمية العملية لدوائر التيار المتناوب (R-L-C) المتوالية الربط ؟
ج/ ان اهمية هذه الدوائر تكمن في الطريقة التي تتجاوب فيها هذه الدوائر مع مصادر ذوات ترددات مختلفة والتي تجعل القدرة المتوسطة المنتقلة إلى الدائرة بأكبر مقدار.
س/ متى يقال ان الدائرة هي دائرة رنين ؟
ج/ عندما تتجاوب هذه الدائرة مع اشارات ترددها يساوي التردد الطبيعي للدائرة .
س/ ما هي مميزات دائرة رنين التوالي ؟
1- رادة الحث $(X_L)$ تساوي رادة السعة $(X_C)$ لذلك فالرادة المحصلة تساوي صفر $(X=0)$ وهذا يجعل ممانعة الدائرة اقل ما يمكن وتساوي المقاومة $(Z=R)$ .
2- فولطية الحث $(V_L)$ تساوي فولطية السعة $(V_C)$ لذلك فان فولطية الرادة المحصلة تساوي صفر اي $(V_T = V_R)$
3- زاوية فرق الطور $(\varphi)$ بين متجه الطور للفولطية ومتجه الطور للتيار تساوي صفر أي ان متجه الطور الفولطية ومتجه الطور للتيار متطابقان ومتلازمان .
4- عامل القدرة (Pf) يساوي واحد لان : $Pf = Cos\varphi = Cos\,0 = 1$
5- القدرة الحقيقية تساوي القدرة الظاهرية أي ان : $P_{real} = P_{app}$ .
6- تمتلك دائرة الرنين خواص مقاومة اومية صرف لان $(Z=R)$.
7- تيار الدائرة يكون في مقداره الأعظم لان الممانعة باقل مقدار ويعتمد مقدار التيار على مقدار المقاومة

$$I_r = \frac{V_T}{R}$$

8- القدرة المتوسطة المنتقلة إلى الدائرة بأكبر مقدار .
9- يعتمد التردد الرنيني او التردد الزاوي الرنيني على معامل الحث الذاتي للملف وسعة المتسعة.

- **في دوائر الرنين الكهربائي نحصل على التردد الزاوي الرنيني والتردد الرنيني في الدائرة من العلاقات التالية:**

حيث :
$\omega_r$ : التردد الزاوي الرنيني
$f_r$ : التردد الرنيني

$$f_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \quad \text{or} \quad \omega_r = \frac{1}{\sqrt{LC}}$$

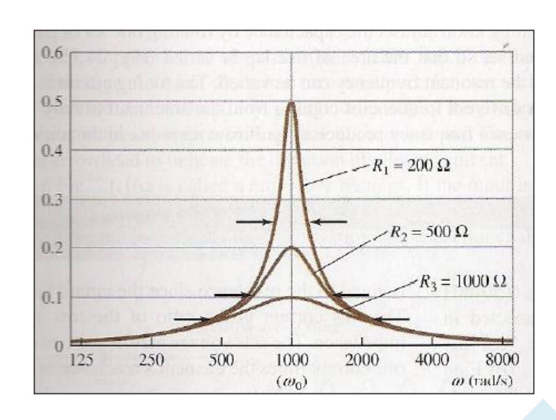
س/ وضح ما العلاقة بين مقدار مقاومة الدائرة المتوالية الربط (R-L-C) ومقدار منحني التيار عند التردد الرنيني؟ مع بيان شكل منحني التيار .
ج/ تكون العلاقة بينهما عند التردد الرنيني علاقة عكسية فعندما يكون مقدار مقاومة الدائرة صغيرا يكون منحني التيار رفيعا (حادا) ومقداره كبير . وعندما يكون مقدار المقاومة كبير مثلا يكون منحني التيار واسعا ومقداره صغير
س/ كيف يمكن تغيير التردد الرنيني في دائرة تيار متناوب متوالية الربط (R-L-C) ؟
ج/ يمكن تغيير التردد الرنيني للدائرة اما بتغير سعة المتسعة (C) او بتغير معامل الحث الذاتي (L) للمحث .
س/ علامَ يعتمد مقدار الممانعة الكلية لدائرة تيار متناوب متوالية في حالة رنين ؟
ج/ يعتمد مقدارها على مقاومة الدائرة (تزداد بازدياد المقاومة).

- ان الاشارة الراديوية عند تردد معين تنتج تيارا يتغير بالتردد نفسه في دائرة الاستقبال ويكون هذا التيار باعظم مقدار اذا كان تردد دائرة الاستقبال (دائرة التنغيم) مساويا لتردد الاشارة المستلمة وعندها تكون رادة الحث ($X_L$) مساوية لرادة السعة ($X_C$) وهذا يجعل ممانعة الدائرة باقل مقدار (Z=R) فتسمى هذه الحالة الرنين الكهربائي.

س/ ما هو شرط الرنين الكهربائي ؟
ج/ ان تكون رادة الحث تساوي رادة السعة وعندها يكون تردد الدائرة يساوي التردد الرنيني.
س/ من شرط الرنين الكهربائي اشتق علاقة رياضية لحساب التردد الرنيني .
ج/

$$X_L = X_C \quad \Rightarrow \quad 2\pi f_r L = \frac{1}{2\pi f_r C} \quad \Rightarrow \quad 4\pi^2 f_r^2 LC = 1 \quad \Rightarrow \quad f_r^2 = \frac{1}{4\pi^2 LC}$$

$$\therefore \; f_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$




مخطط بياني يوضح تأثير مقدار المقاومة في مقدار منحنى التيار عند التردد الرنيني .

**نطاق التردد الزاوي :** هو الفرق بين التردد الزاوي عند منتصف المقدار الأعظم للقدرة المتوسطة .
أي ان :

$$\Delta\omega = \omega_2 - \omega_1$$

$\Delta\omega$ : نطاق التردد الزاوي بوحدة (rad/sec).
$\omega_1 , \omega_2$ : قيمتي التردد الزاوي على جانبي التردد الزاوي الرنيني ( $\omega_r$ ) عندما تهبط القدرة المتوسطة إلى نصف مقدارها الأعظم .
كذلك هو نسبة المقاومة الى معامل الحث الذاتي . أي ان :

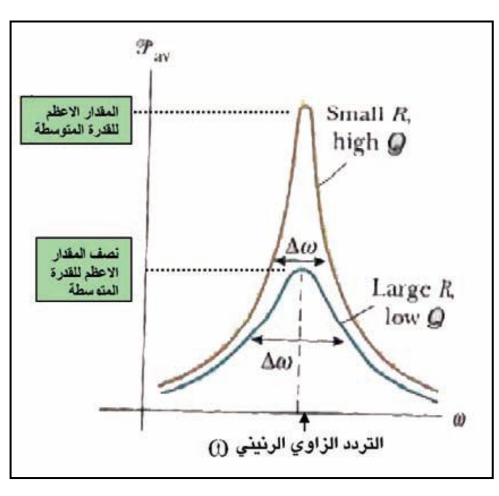
$$\Delta\omega = \frac{R}{L}$$

س/ علامَ يعتمد نطاق التردد الزاوي؟
ج/ يعتمد على :
1- مقاومة الدائرة حيث يتناسب نطاق التردد الزاوي طرديا مع المقاومة .
2- معامل الحث الذاتي للملف حيث يتناسب نطاق التردد الزاوي عكسيا مع معامل الحث الذاتي للملف .
س/ ماذا يحصل عندما تهبط القدرة المتوسطة إلى نصف مقدارها الأعظم في الدوائر الرنينية المتوالية الربط؟
ج/ نحصل على قيمتين للتردد الزاوي على جانبي التردد الزاوي الرنيني هما $\omega_1 , \omega_2$ وان الفرق بينهما يمثل نطاق التردد الزاوي .

س/ متى تتحقق حالة الرنين في دوائر التيار المتناوب المتوالية الربط (R-L-C) ؟
ج/ عندما يكون التردد الزاوي للدائرة مساويا للتردد الرنيني أي ان $(\omega = \omega_r)$ وعندها تكون القدرة المتوسطة $(P_{av})$ في مقدارها الأعظم .
س/ متى تكون القدرة الحقيقية والقدرة الظاهرية متساويتي المقدار ؟ وكيف يتحقق ذلك ؟
ج/ عندما يكون عامل القدرة يساوي واحد ويتحقق ذلك عندما تكون دائرة التيار المتناوب تحتوي على مقاومة صرف او ان دائرة التيار المتناوب المتوالية الربط تحتوي على مقاومة ومحث ومتسعة في حالة الرنين .



♦ **الشكل يوضح العلاقة البيانية بين القدرة المتوسطة والتردد الزاوي لمقدارين مختلفين للمقاومة .**




س/ في دائرة تيار متناوب متوالية الربط تحتوي على مقاومة ومحث ومتسعة (RLC) متى يقال عنها :
1- الدائرة تعمل بخواص حثية . 2- الدائرة تعمل بخواص سعوية . 3- الدائرة تعمل بخواص مقاومة صرف .
ج/ 1- اذا كان تردد الدائرة اكبر من التردد الرنيني لان $(X_L > X_C)$ وكذلك تكون $(V_L > V_C)$ .
2- اذا كان تردد الدائرة اصغر من التردد الرنيني لان $(X_C > X_L)$ وكذلك تكون $(V_C > V_L)$ .
3- اذا كان تردد الدائرة يساوي التردد الرنيني لان $(X_L = X_C)$ وكذلك تكون $(V_L = V_C)$ .
**عامل النوعية (Qf) :** هو نسبة التردد الزاوي الرنيني $(\omega_r)$ الى نطاق التردد الزاوي $(\Delta\omega)$ . وهو عدد مجرد من الوحدات. أي ان :

$$Qf = \frac{\omega_r}{\Delta\omega} \quad \text{or} \quad Qf = \frac{1}{R}\sqrt{\frac{L}{C}}$$

س/ ماذا يحصل عندما تكون مقاومة دائرة الرنين المتوالية الربط ؟ 1- صغيرة المقدار. 2- كبيرة المقدار.
ج/ 1- يصبح منحني القدرة المتوسطة عاليا وحادا فيكون عرض نطاق التردد الزاوي $(\Delta\omega)$ صغيرا وعندئذ يكون عامل النوعية (Qf) لهذه الدائرة عاليا .
2- يصبح منحني القدرة المتوسطة واسعا (عريضا) ومقداره صغير فيكون عرض نطاق التردد الزاوي $(\Delta\omega)$ كبيرا وعندئذ يكون عامل النوعية (Qf) لهذه الدائرة واطئ .
س/ لماذا يزداد عامل النوعية في الدائرة الرنينية المتوالية الربط كلما كانت مقاومة هذه الدائرة صغيرة ؟
ج/ لان عامل النوعية يتناسب عكسيا مع المقاومة وفقا للعلاقة : $Qf = \frac{1}{R}\sqrt{\frac{L}{C}}$

س/ اشتق علاقة رياضية لحساب عامل النوعية .
ج/

$$Qf=\frac{\omega_r}{\Delta\omega}=\frac{\frac{1}{\sqrt{LC}}}{\frac{R}{L}}=\frac{1}{R}\times\frac{L}{\sqrt{LC}}=\frac{1}{R}\times\frac{\sqrt{L}\times\sqrt{L}}{\sqrt{LC}}=\frac{1}{R}\sqrt{\frac{L}{C}}$$

مثال6(كتاب)/ دائرة تيار متناوب متوالية الربط تحتوي مقاومة صرف $(R=500\Omega)$ ومحث صرف $(L=2H)$ ومتسعة ذات سعة صرف $(C = 0.5\mu F)$ ومذبذبا كهربائيا مقدار فرق الجهد بين طرفيه $(100V)$ ثابتا والدائرة في حالة رنين . احسب مقدار:

1- التردد الزاوي الرنيني 2- رادة الحث ورادة السعة والرادة المحصلة 3- التيار المنساب في الدائرة
4- الفولطية عبر كل من (المقاومة والمحث والمتسعة والرادة المحصلة)
5- زاوية فرق الطور بين الفولطية الكلية والتيار ، وعامل القدرة .

الحل

$$1-\quad \omega_r=\frac{1}{\sqrt{LC}}=\frac{1}{\sqrt{2\times0.5\times10^{-6}}}=\frac{1}{10^{-3}}=1000rad/s$$

$$2-\quad X_L=\omega_r L=1000\times2=2000\Omega \quad , \quad X_C=\frac{1}{\omega_r C}=\frac{1}{1000\times0.5\times10^{-6}}=2000\Omega$$

$$X=X_L-X_C=2000-2000=0$$

$$3-\quad I_r=\frac{V_T}{R}=\frac{100}{500}=0.2A$$

$$4-\quad V_R=IR=0.2\times500=100V \quad , \quad V_L=IX_L=0.2\times2000=400V$$

$$V_C=IX_C=0.2\times2000=400V \quad , \quad V_X=V_L-V_C=400-400=0$$

$$5-\quad \tan\phi=\frac{X_L-X_C}{R}=\frac{2000-2000}{500}=0 \Rightarrow \phi=0 \quad , \quad Pf=\cos\phi=\frac{R}{Z}=\frac{R}{R}=1$$

**حالات خاصة :**

1- اذا كانت الدائرة تحتوي مقاومة صرف او تحتوي مقاومة ومحث ومتسعة على التوالي في حالة رنين فان :

$X=0 \quad , \quad Z=R \quad , \quad \phi=0$

أي ان الفولطية والتيار في طور واحد .

2- اذا كانت دائرة التيار المتناوب تحتوي محث صرف فان :

$R=0 \quad , \quad Z=X_L \quad , \quad \phi=\frac{\pi}{2}$

أي ان الفولطية تسبق التيار بزاوية فرق طور $90^\circ$ .

3- اذا كانت دائرة التيار المتناوب تحتوي متسعة صرف فان :

$R=0 \quad , \quad Z=X_C \quad , \quad \phi=-\frac{\pi}{2}$

أي ان الفولطية تتخلف عن التيار بزاوية فرق طور $90^\circ$ .

## ثانيا : ربط العناصر على التوازي :

- المتجهات الطورية للفولطيات ($V_R$ , $V_L$ ,$V_C$) تنطبق على الاتجاه الموجب من محور الاسناد (المحورx).
- المتجهات الطورية للتيارات ($I_R$ , $I_L$ , $I_C$) يصنع كل منها زاوية فرق طور $\phi$ مع المحور x .
- في هذا الربط ($I_R$) و (V) في طور واحد ، ($I_C$) يسبق (V) بـ (90°) ، ($I_L$) يتاخر عن (V) بـ (90°) عند رسم المتجهات الطورية للتيار .

## خواص ربط العناصر على التوازي :

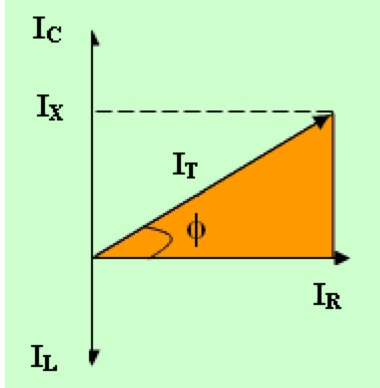
1- مقدار فرق الجهد متساوي على جميع عناصر الدائرة ويساوي فرق الجهد الكلي لذلك نرسم متجه الطور للفولطية على محور الإسناد (كأساس) أي ان :

$$V_R = V_L = V_C = V_T = V \quad \text{ثابت}$$

2- مقدار التيار يختلف من عنصر إلى آخر لذلك يمكن حساب التيار الكلي (التيار المحصل) والذي رمزه ($I_T$) وذلك بجمع التيارات لعناصر الدائرة جمعا طوريا (اتجاهيا)(بسبب وجود زاوية فرق الطور) وذلك بتطبيق مبرهنة فيثاغورس وحسب عناصر الدائرة وفقا لمخططات التيار الاتية :

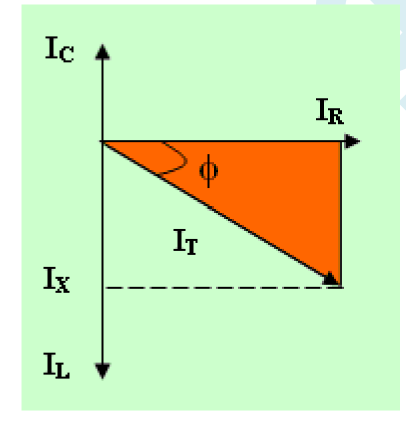
### اولا : دائرة (R L C)

1- اذا كان متجه الطور للتيار خلال المتسعة ($I_C$) اكبر من متجه الطور للتيار خلال المحث ($I_L$) فان للدائرة المتوازية الربط :




- خواص الدائرة سعوية وان تيار الرادة المحصلة ($I_X$) موجب
- زاوية فرق الطور ( $\phi$ ) بين متجه الطور للتيار الكلي ($I_T$) ومتجه الطور للفولطية (V) موجبة .
- متجه الطور للتيار الكلي ($I_T$) يسبق متجه الطور للفولطية(V) بزاوية فرق طور ( $\phi$ ) .
- مثلث للتيار يرسم في الربع الأول (نحو الاعلى) .

2- اذا كان متجه الطور للتيار خلال المتسعة ($I_C$) اصغر من متجه الطور للتيار خلال المحث ($I_L$) فان للدائرة المتوازية الربط :




- خواص الدائرة حثية وان تيار الرادة المحصلة ($I_X$) سالب
- زاوية فرق الطور ( $\phi$ ) بين متجه الطور للتيار الكلي ($I_T$) ومتجه الطور للفولطية (V) سالبة
- متجه الطور للتيار الكلي ($I_T$) يتأخر عن متجه الطور للفولطية(V) بزاوية فرق طور ( $\phi$ ) .
- مثلث التيار يرسم في الربع الرابع (نحو الأسفل) .

**وسواء كانت الخواص سعوية او وحثية فمن مثلثات التيار اعلاه يمكن ايجاد $(I_T)$ او $(\varphi)$ او $(Pf)$ كما يلي :**

$$I_T^2 = I_R^2 + I_X^2 \quad , \quad \tan\phi = \frac{I_X}{I_R} \quad , \quad Pf = \cos\phi = \frac{I_R}{I_T}$$

حيث :

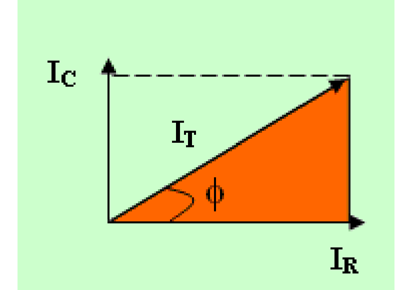
$I_X$ : تيار الرادة المحصلة ويساوي الفرق بين تيار الرادتين (تيار السعة وتيار الحث). اي ان :

$$I_X = I_C - I_L$$

ويعوض $(I_X)$ باشارة سالبة عند حساب $(\phi)$ من $(\tan\phi)$ او عند حساب $(I_C)$ او $(I_L)$ من الفرق $(I_X=I_C-I_L)$

**ثانيا : دائرة (R C)**

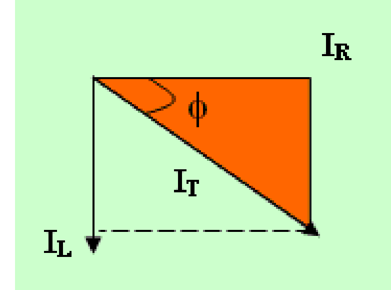
**من مثلث التيار يمكن ايجاد $(I_T)$ او $(\varphi)$ او $(Pf)$ كما يلي :**




$$I_T^2 = I_R^2 + I_C^2 \quad , \quad \tan\phi = \frac{I_C}{I_R} \quad , \quad Pf = \cos\phi = \frac{I_R}{I_T}$$

**ثالثا : دائرة (R L)**

**من مثلث التيار يمكن ايجاد $(I_T)$ او $(\varphi)$ او $(Pf)$ كما يلي :**




$$I_T^2 = I_R^2 + I_L^2 \quad , \quad \tan\phi = \frac{I_L}{I_R} \quad , \quad Pf = \cos\phi = \frac{I_R}{I_T}$$

حيث $(I_L)$ يعوض باشارة سالبة عند ايجاد $(\phi)$.

اما لايجاد التيار الكلي في اية لحظة (التيار الكلي الاني) والفولطية في اية لحظة (الفولطية الانية ) فنستخدم معادلات التيار والفولطية الاتية :

$V_{ins} = V_m \sin(\omega t)$ اساس

$I_{T(ins)} = I_m \sin(\omega t + \phi)$ الربع الاول — دائرة (R-L-C) للخواص السعوية او دائرة (R-C)

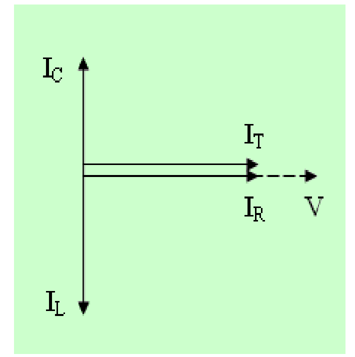
or

$I_{T(ins)} = I_m \sin(\omega t - \phi)$ الربع الرابع — دائرة (R-L-C) للخواص الحثية او دائرة (R-L) .

حيث :

$$I_m = \sqrt{2}\, I_T \quad , \quad V_m = \sqrt{2}\, V \quad , \quad \omega = 2\pi f$$

الفولطية المؤثرة تمثل فولطية المصدر (V) والتيار المؤثر يمثل التيار المحصل $(I_T)$ .




**ملاحظة/**
اذا كان متجه الطور للتيار خلال المتسعة ($I_C$) يساوي متجه الطور للتيار خلال المحث ($I_L$) فان للدائرة المتوازية الربط :

- خواص مقاومة اومية صرف وان تيار الرادة المحصلة ($I_X$=0)
- تكون زاوية فرق الطور ( $\phi$ ) بين متجه الطور للتيار الكلي ($I_T$) ومتجه الطور للفولطية (V) صفر.
- متجه الطور للتيار الكلي ($I_T$) ينطبق على متجه الطور للفولطية V (أي انهما في طور واحد) .

س/ في ربط التوازي اثبت ان : $pf = \cos\varphi = \frac{Z}{R}$

ج/

$$pf = \cos\varphi = \frac{I_R}{I_T} \quad \because \quad I_R = \frac{V}{R} \;,\; I_T = \frac{V}{Z} \quad \therefore \; pf = \cos\varphi = \frac{\frac{V}{R}}{\frac{V}{Z}} = \frac{V}{R}\cdot\frac{Z}{V} = \frac{Z}{R}$$

**مثال7(كتاب)/** دائرة تيار متناوب متوازية الربط تحتوي (مقاومة صرف R ومتسعة ذات سعة صرف C ومحث صرف L مربوطة جميعا على التوازي . ربطت المجموعة بين قطبي مصدر للفولطية المتناوبة فرق الجهد بين طرفيه (240V) وكان مقدار المقاومة (80Ω) ورادة الحث (20Ω) ورادة السعة (30Ω) احسب مقدار:

1- التيار المناسب في كل فرع من فروع الدائرة.
2- احسب مقدار التيار الرئيسي المناسب في الدائرة مع رسم المخطط الاتجاهي الطوري للتيارات.
3- الممانعة الكلية في الدائرة .
4- زاوية فرق الطور بين المخطط الطوري للتيار الكلي والمخطط الطوري لفرق الجهد ، وما هي خصائص هذه الدائرة.
5- عامل القدرة.
6- كل من القدرة الحقيقية (المستهلكة في الدائرة) والقدرة الظاهرية (المجهزة للدائرة).

**الحل**

$$1-\quad I_R = \frac{V}{R} = \frac{240}{80} = 3A \quad , \quad I_C = \frac{V}{X_C} = \frac{240}{30} = 8A \quad , \quad I_L = \frac{V}{X_L} = \frac{240}{20} = 12A$$

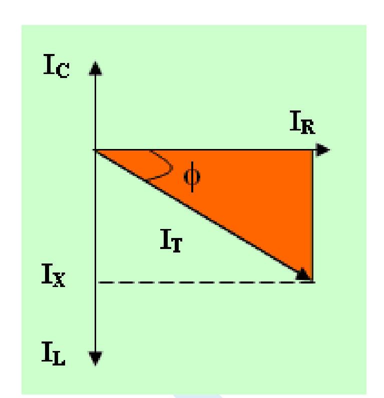
$$2-\quad I_T = I_R^2 + (I_C - I_L)^2 = (3)^2 + (8-12)^2 = 9+16 = 25 \quad \Rightarrow \quad I_T = 5A$$

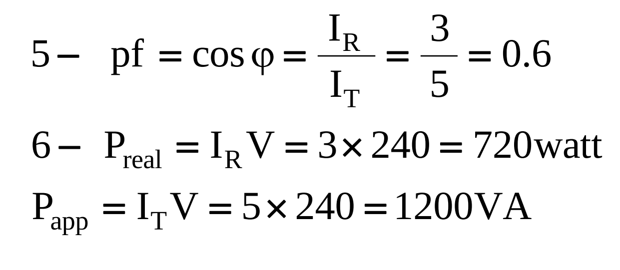
$$3-\quad Z = \frac{V}{I_T} = \frac{240}{5} = 48\Omega$$

$$4-\quad \tan\varphi = \frac{I_C - I_L}{I_R} = \frac{8-12}{3} = -\frac{4}{3}$$

$$\therefore \quad \varphi = -53°$$

خصائص الدائرة حثية لان ($I_L > I_C$) .



$$5- \quad pf = \cos\varphi = \frac{I_R}{I_T} = \frac{3}{5} = 0.6$$

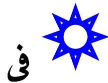
$$6- \quad P_{real} = I_R V = 3\times 240 = 720watt$$

$$P_{app} = I_T V = 5\times 240 = 1200VA$$

تذكر

اذا كانت دائرة التيار المتناوب :-

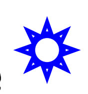
**أولاً:- تحتوي عنصر واحد مثل مقاومة صرف (R) او محث صرف (L) او متسعة ذات سعة صرف (C) فان معادلات الفولطية والتيار تعطى بالعلاقات التالية :**



**في المقاومة الصرف :**

متجه الطور للفولطية ينطبق على متجه الطور للتيار أي ان زاوية فرق الطور بين متجه الطور للفولطية ومتجه الطور للتيار تساوي صفر $(\phi = 0)$ .

$$V_R = V_m Sin(\omega t)$$
$$I_R = I_m Sin(\omega t)$$



**في المحث الصرف :**

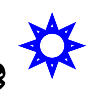
متجه الطور للفولطية يسبق متجه الطور للتيار بزاوية فرق طور تساوي 90° $(\phi = 90°)$ .

$$V_L = V_m Sin(\omega t + 90°)$$
$$I_L = I_m Sin(\omega t)$$

او

متجه الطور للتيار يتأخر عن متجه الطور للفولطية بزاوية فرق طور تساوي 90° $(\phi = 90°)$ .

$$V_L = V_m Sin(\omega t)$$
$$I_L = I_m Sin(\omega t - 90°)$$



**في المتسعة ذات السعة الصرف :**

متجه الطور للتيار يسبق متجه الطور للفولطية بزاوية فرق طور تساوي 90° $(\phi = 90°)$ .

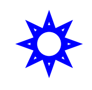
$$V_C = V_m Sin(\omega t)$$
$$I_C = I_m Sin(\omega t + 90°)$$

او

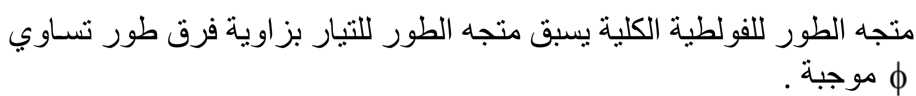
متجه الطور للفولطية يتأخر عن متجه الطور للتيار بزاوية فرق طور تساوي 90° $(\phi = 90°)$ .

$$V_C = V_m Sin(\omega t - 90°)$$
$$I_C = I_m Sin(\omega t)$$

**ثانيا : تحتوي على عنصرين او ثلاثة عناصر مربوطة على التوالي مثل (R-L) او (R-C) او (R-L-C) فان معادلات الفولطية والتيار تعطى بالعلاقات التالية :**

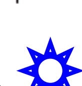


(R-L) او (R-L-C) في الخواص الحثية .



متجه الطور للفولطية الكلية يسبق متجه الطور للتيار بزاوية فرق طور تساوي $\phi$ موجبة .

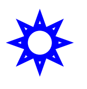
$$V_T = V_m \sin(\omega t + \phi)$$
$$I = I_m \sin(\omega t)$$



(R-C) او (R-L-C) في الخواص السعوية .

متجه الطور للفولطية الكلية يتأخر عن متجه الطور للتيار بزاوية فرق طور تساوي $\phi$ سالبة .

$$V_T = V_m \sin(\omega t - \phi)$$
$$I = I_m \sin(\omega t)$$

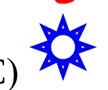


(R-L-C) إذا كانت خواص الدائرة خواص مقاومة صرف (اومية) .

متجه الطور للفولطية الكلية ينطبق على متجه الطور للتيار أي ان زاوية فرق الطور بينهما تساوي صفر ($\phi = 0$) .

$$V_T = V_m \sin(\omega t)$$
$$I = I_m \sin(\omega t)$$

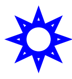
**ثانيا : تحتوي على عنصرين او ثلاثة عناصر مربوطة على التوازي مثل (R-C) او (R-L) او (R-L-C) فان معادلات الفولطية والتيار تعطى بالعلاقات التالية :**



(R-C) او (R-L-C) في الخواص السعوية .

متجه الطور للتيار الكلي يسبق متجه الطور للفولطية بزاوية فرق طور تساوي $\phi$ موجبة .

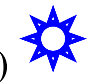
$$V = V_m \sin(\omega t)$$
$$I_T = I_m \sin(\omega t + \phi)$$



(R-L) او (R-L-C) في الخواص الحثية .

متجه الطور للتيار الكلي يتأخر عن متجه الطور للفولطية بزاوية فرق طور تساوي $\phi$ سالبة .

$$V = V_m \sin(\omega t)$$
$$I_T = I_m \sin(\omega t - \phi)$$



(R-L-C) إذا كانت خواص الدائرة خواص مقاومة صرف (اومية) .

متجه الطور للتيار الكلي ينطبق على متجه الطور للفولطية أي ان زاوية فرق الطور بينهما تساوي صفر ($\phi = 0$) .

$$V_T = V_m \sin(\omega t)$$
$$I = I_m \sin(\omega t)$$

سعيد محي تومان

**خلاصة**

1- في ربط التوالي يوجد
مخططان احدهما للفولطية والآخر للممانعة وليس هنالك مخطط للتيار لان التيار ثابت اما في ربط التوازي فيوجد مخطط للتيار فقط ولا يوجد مخطط للفولطية او مخطط للممانعة .

2- في ربط التوالي تحسب الممانعة الكلية اما من مثلث الممانعة (مبرهنة فيثاغورس) او من قانون اوم ($Z=\frac{V_T}{I}$) او من عامل القدرة ($Pf=\cos\phi=\frac{R}{Z}$) او من القدرة الظاهرية ($P_{app}=I^2Z$) ، اما في ربط التوازي فتحسب الممانعة الكلية وفقا لقانون اوم ($Z=\frac{V}{I_T}$) او من عامل القدرة ($Pf=\cos\phi=\frac{Z}{R}$) او من القدرة الظاهرية ($P_{app}=I_T^2.Z$) .

3- في ربط التوالي او التوازي فان كل من رادة الحث ($X_L$) او رادة السعة ($X_C$) تحسب بموجب العوامل وكما يلي:

$$X_L=\omega L \quad or \quad X_L=2\pi f L \quad , \quad X_C=\frac{1}{\omega C} \quad or \quad X_C=\frac{1}{2\pi f C}$$

4- اذا ربط ملف إلى بطارية (مصدر مستمر) يعتبر مقاومة فقط وهي مقاومة اسلاكه لان رادة الحث له تساوي صفر ($X_L=0$) حيث ان تردد التيار المستمر يساوي صفر ($f=0$) اما اذا ربط الملف إلى مصدر متناوب فيعمل عنصرين هما مقاومة ($R$) ورادة حث ($X_L$) .

5- اذا وردت كلمة (ملف) في السؤال لدوائر التيار المتناوب فهذا يعني وجود مقاومة ورادة حث اما اذا وردت كلمة (محث) فهي تعني ملف مهل المقاومة ($R=0$) .

7- في ربط التوالي تكون خواص الدائرة حثية اذا كانت رادة الحث اكبر من رادة السعة وتكون خواص الدائرة سعوية اذا كانت رادة السعة اكبر من رادة الحث بينما في ربط التوازي تكون خواص الدائرة حثية اذا كانت رادة السعة اكبر من رادة الحث وتكون خواص الدائرة سعوية اذا كانت رادة الحث اكبر من رادة السعة .

8- في ربط التوالي اذا وردت عبارة خصائص حثية او خصائص سعوية في السؤال هذا يعني ايجاد المقابل (الرادة المحصلة x) باستخدام مبرهنة فيثاغورس ثم يعوض بالفرق ($X=X_L-X_C$) باشارة موجبة للخواص الحثية وباشارة سالبة للخواص السعوية لايجاد اما ($X_L$) او ($X_C$) ومنها ($L$) او ($C$) .

9- في ربط التوازي اذا وردت عبارة خصائص سعوية او خصائص حثية في السؤال هذا يعني ايجاد المقابل (التيار المحصل $I_C$) باستخدام مبرهنة فيثاغورس ثم يعوض بالفرق ($I_X=I_C-I_L$) باشارة موجبة للخواص السعوية وباشارة سالبة للخواص الحثية لايجاد ($I_C$) ومنه ($X_C$) ومنها ($C$) او لايجاد ($I_L$) ومنه ($X_L$) ومنها ($L$).

10- ان اكبر قيمة لعامل القدرة هي الواحد الصحيح (عندما يكون الحمل مقاومة صرف او الدائرة في حالة رنين ) واقل قيمة له هي الصفر (عندما يكون الحمل محث صرف او متسعة ذات سعة صرف) وتكون قيمته اكبر من صفر واقل من الواحد الصحيح عندما تكون الدائرة هي ($RL$) او ($RC$) او ($RLC$) توالي او توازي .

# قوانين الفصل الثالث

## قوانين الدائرة التي تحتوي عنصر واحد :

### اولا : مقاومة صرف

$\phi = 0 \quad , \quad Pf = \cos\phi = 1$

$$\left.\begin{array}{l} I_R = I_m \sin(\omega t) \\ V_R = V_m \sin(\omega t) \end{array}\right] \quad , \quad I_m = \sqrt{2}\, I_{eff} \quad , \quad V_m = \sqrt{2}\, V_{eff}$$

$X_L = 0 \quad , \quad X_C = 0 \quad , \quad Z = R$

$$R = \frac{V_R}{I_R} \quad or \quad R = \frac{V_m}{I_m} \quad or \quad R = \frac{V_{eff}}{I_{eff}}$$

$P_m = I_m V_m \quad or \quad P_m = I_m^2 R$

$P_{ins} = I_R V_R \quad or \quad P_{ins} = I_R^2 R$

$$P_{av} = \frac{1}{2} P_m$$

$$\therefore \quad P_{av} = \frac{1}{2} I_m V_m \quad or \quad P_{av} = \frac{1}{2} I_m^2 R \quad or \quad P_{av} = I_{eff} V_{eff} \quad or \quad P_{av} = I_{eff}^2 R$$

### ثانيا : محث صرف (ملف مهمل المقاومة)

$\phi = 90^\circ \quad , \quad Pf = \cos\phi = 0$

$$\left.\begin{array}{l} I_L = I_m \sin(\omega t) \\ V_L = V_m \sin(\omega t + 90^\circ) \end{array}\right] \quad or \quad \left.\begin{array}{l} V_L = V_m \sin(\omega t) \\ I_L = I_m \sin(\omega t - 90^\circ) \end{array}\right]$$

$R = 0 \quad , \quad X_C = 0 \quad , \quad Z = X_L$

$$X_L = \omega L \quad or \quad X_L = \frac{V_L}{I_L} \quad , \quad \omega = 2\pi f$$

### ثالثا : متسعة ذات سعة صرف

$\phi = 90^\circ \quad , \quad Pf = \cos\phi = 0$

$$\left.\begin{array}{l} V_C = V_m \sin(\omega t) \\ I_C = I_m \sin(\omega t + 90^\circ) \end{array}\right] \quad or \quad \left.\begin{array}{l} I_C = I_m \sin(\omega t) \\ V_C = V_m \sin(\omega t - 90^\circ) \end{array}\right]$$

$R = 0 \quad , \quad X_L = 0 \quad , \quad Z = X_C$

$$X_C = \frac{1}{\omega C} \quad or \quad X_C = \frac{V_C}{I_C} \quad , \quad \omega = 2\pi f$$

## قوانين الدائرة التي تحتوي عنصرين او ثلاثة عناصر :

### قوانين التوالي :

$I_T = I_R = I_L = I_C = I$

لسعيد محيا تومان

اولا : من مخطط الفولطية نجد :

$$V_T^2 = V_R^2 + (V_L - V_C)^2 \quad or \quad V_T^2 = V_R^2 + V_L^2 \quad or \quad V_T^2 = V_R^2 + V_C^2$$

$$\tan\phi = \frac{V_L - V_C}{V_R} \quad or \quad \tan\phi = \frac{V_L}{V_R} \quad or \quad \tan\phi = \frac{-V_C}{V_R}$$

$$Pf = \cos\phi = \frac{V_R}{V_T}$$

$$I_{ins} = I_m \sin(\omega t)$$

$$V_{T(ins)} = V_m \sin(\omega t + \phi) \quad or \quad V_{T(ins)} = V_m \sin(\omega t - \phi)$$

$$I_m = \sqrt{2}\, I_{eff} \quad , \quad V_m = \sqrt{2}\, V_{eff} \quad , \quad V_{eff} = V_T \quad , \quad I_{eff} = I$$

ثانيا : من مخطط الممانعة نجد :

$$Z^2 = R^2 + (X_L - X_C)^2 \quad or \quad Z^2 = R^2 + X_L^2 \quad or \quad Z^2 = R^2 + X_C^2$$

$$\tan\phi = \frac{X_L - X_C}{R} \quad or \quad \tan\phi = \frac{X_L}{R} \quad or \quad \tan\phi = \frac{-X_C}{R}$$

$$Pf = \cos\phi = \frac{R}{Z}$$

قوانين التوازي :

$$V_T = V_R = V_C = V_L = V$$

من مخطط التيار نجد :

$$I_T^2 = I_R^2 + (I_C - I_L)^2 \quad or \quad I_T^2 = I_R^2 + I_C^2 \quad or \quad I_T^2 = I_R^2 + I_L^2$$

$$\tan\phi = \frac{I_C - I_L}{I_R} \quad or \quad \tan\phi = \frac{I_C}{I_R} \quad or \quad \tan\phi = \frac{-I_L}{I_R}$$

$$Pf = \cos\phi = \frac{I_R}{I_T} \quad or \quad Pf = \cos\phi = \frac{Z}{R}$$

$$V_{ins} = V_m \sin(\omega t)$$

$$I_{T(ins)} = I_m \sin(\omega t + \phi) \quad or \quad I_{T(ins)} = I_m \sin(\omega t - \phi)$$

$$V_m = \sqrt{2}\, V_{eff} \quad , \quad I_m = \sqrt{2}\, I_{eff} \quad , \quad V_{eff} = V \quad , \quad I_{eff} = I_T$$

قوانين عامة للتوالي والتوازي :

اولا : قانون اوم

$$Z = \frac{V_T}{I_T} \quad , \quad R = \frac{V_R}{I_R} \quad , \quad X_L = \frac{V_L}{I_L} \quad , \quad X_C = \frac{V_C}{I_C}$$

سعيد محي تومان

## ثانيا : حساب رادة الحث ورادة السعة من العوامل

$$X_L = \omega L \quad , \quad X_C = \frac{1}{\omega C} \quad , \quad \omega = 2\pi f$$

## ثالثا : حساب عامل القدرة من التعريف

$$Pf = \frac{P_{real}}{P_{app}}$$

## رابعا : حساب القدرة الحقيقية والقدرة الظاهرية

$$P_{real} = I_R V_R \quad or \quad P_{real} = I_R^2 R \quad or \quad P_{real} = I_T V_T \cos\phi$$

$$P_{app} = I_T V_T \quad or \quad P_{app} = I_T^2 Z \quad or \quad P_{app} = \frac{P_{real}}{\cos\phi}$$

## قوانين رنين التوالي :

$$V_X = 0 \quad , \quad V_L = V_C \quad , \quad V_T = V_R \quad , \quad X = 0 \quad , \quad X_L = X_C \quad , \quad Z = R$$

$$\phi = 0 \quad , \quad Pf = \cos\phi = 1 \quad , \quad P_{real} = P_{app}$$

$$I_r = \frac{V_T}{R} \quad , \quad f_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \quad , \quad \omega_r = \frac{1}{\sqrt{LC}} \quad , \quad \omega = 2\pi f$$

$$\Delta\omega = \omega_2 - \omega_1 \quad or \quad \Delta\omega = \frac{R}{L}$$

$$Qf = \frac{\omega_r}{\Delta\omega} \quad or \quad Qf = \frac{1}{R}\sqrt{\frac{L}{C}}$$

$$X_L = \omega_r L \quad , \quad X_C = \frac{1}{\omega_r C} \quad , \quad \omega_r = 2\pi f_r \quad , \quad X_L = \frac{V_L}{I_r} \quad , \quad X_C = \frac{V_C}{I_C}$$

سعيد محي تومان

| توازي | توالي | | |
|---|---|---|---|
| $V_T = V_R = V_L = V_C = V$ | $I_T = I_R = I_L = I_C = I$ | | |
| مخطط التيار | مخطط الممانعة | مخطط الفولطية | |
| $I_T^2 = I_R^2 + I_X^2$ , $I_X = I_C - I_L$ | $Z_T^2 = R^2 + X^2$<br>$X = X_L - X_C$<br>$X_L = \omega L = 2\pi FL$<br>$X_C = \dfrac{1}{\omega C} = \dfrac{1}{2\pi FC}$ | $V_T^2 = V_R^2 + V_X^2$<br>$V_X = V_L - V_C$ | فيثاغورس |
| $I_T^2 = I_R^2 + I_L^2$ | $Z_T^2 = R^2 + X_L^2$<br>$X_L = \omega L = 2\pi FL$ | $V_T^2 = V_R^2 + V_L^2$ | فيثاغورس |
| $I_T^2 = I_R^2 + I_C^2$ | $Z_T^2 = R^2 + X_C^2$<br>$X_C = \dfrac{1}{\omega C} = \dfrac{1}{2\pi FC}$ | $V_T^2 = V_R^2 + V_C^2$ | فيثاغورس |
| $\tan\phi = \dfrac{I_X}{I_R}$ | $\tan\phi = \dfrac{X}{R}$ | $\tan\phi = \dfrac{V_X}{V_R}$ | $\tan\phi$ |
| $\tan\phi = \dfrac{I_L}{I_R}$ | $\tan\phi = \dfrac{X_L}{R}$ | $\tan\phi = \dfrac{V_L}{V_R}$ | $\tan\phi$ |
| $\tan\phi = \dfrac{I_C}{I_R}$ | $\tan\phi = \dfrac{X_C}{R}$ | $\tan\phi = \dfrac{V_C}{V_R}$ | $\tan\phi$ |
| $pf = \cos\phi = \dfrac{I_R}{I_T}$ | $Pf = \cos\phi = \dfrac{R}{Z}$ | $pf = \cos\phi = \dfrac{V_R}{V_T}$ | $\cos\phi$ |
| $V_{ins} = V_m \sin(\omega t)$<br>$I_{ins} = I_m \sin(\omega t + \phi)$<br>or<br>$I_{ins} =_m \sin(\omega t - \phi)$ | $I_{ins} = I_m \sin(\omega t)$<br>$V_{ins} = V_m \sin(\omega t + \phi)$<br>or<br>$V_{ins} = V_m \sin(\omega t - \phi)$ | | المعادلات الطورية |
| $Z = \dfrac{V_T}{I_T}$ , $R = \dfrac{V_R}{I_R}$ | $X_L = \dfrac{V_L}{I_L}$ , $X_C = \dfrac{V_C}{I_C}$ | | قانون اوم |
| $P_{app} = I_T V_T$ or $p_{app} = I_T^2 Z$<br>or $P_{app} = \dfrac{V_T^2}{Z}$ | $P_{real} = I_R V_R$ or $p_{real} = I_R^2 R$<br>or $P_{real} = \dfrac{V_R^2}{R}$ | | القدرة الحقيقية والظاهرية |

## أمثلة محلولة

**مثال 1/** دائرة تيار متناوب تحتوي على مقاومة صرف مقدارها $30\Omega$ وتيار الدائرة يعطى بالعلاقة الاتية $I_R = 3.2\sin 4000t$ احسب المقدار الاعظم والمقدار المؤثر للتيار وكذلك المقدار الاعظم والمقدار المؤثر للفولطية.

**الحل/**

بمقارنة المعادلة $I_R = 3.2\sin 4000t$ بالمعادلة العامة $I_R = I_m \sin \omega t$ نجد:

$$I_m = 3.2A \quad , \quad I_{eff} = \frac{I_m}{\sqrt{2}} = \frac{3.2}{\sqrt{2}} \times \frac{\sqrt{2}}{\sqrt{2}} = 1.6\sqrt{2}\ A$$

$$V_m = I_m.R = 3.2 \times 30 = 96V \quad , \quad V_{eff} = I_{eff}.R = 1.6\sqrt{2} \times 30 = 48\sqrt{2}\ V$$

**مثال 2/** محث صرف معامل حثه الذاتي (200mH) وضعت عليه فولطية متناوبة ترددها 1kHz فأصبح مقدار تيار الدائرة (5mA) احسب مقدار الفولطية عبر طرفي المحث .

**الحل/**

$$X_L = 2\pi f L = 2\pi \times 1 \times 10^3 \times 200 \times 10^{-3} = 400\pi = 1256\Omega$$

$$V_L = I \times X_L = 5 \times 10^{-3} \times 1256 = 6.28V$$

**مثال 3/** متسعة سعتها ($\frac{20}{\pi}\mu F$) ربطت بين قطبي مصدر للفولطية المتناوبة فرق الجهد بين طرفيه (50V) وبتردد (50Hz) احسب :

a- المقدار المؤثر للتيار b- المقدار الأعظم للتيار

**الحل /**

$$a- \quad X_C = \frac{1}{2\pi f C} = \frac{1}{2\pi \times 50 \times \frac{20}{\pi} \times 10^{-6}} = 500\Omega \ , \ I_{eff} = \frac{V_C}{X_C} = \frac{50}{500} = 0.1A$$

$$b- \quad I_m = \sqrt{2}\ I_{eff} = \sqrt{2} \times 0.1 = 1.414 \times 0.1 = 0.1414A$$

**مثال 4/** ربط ملف مقاومته $(60\Omega)$ مع مصدر للفولطية المتناوبة تردده (50Hz) فكان عامل القدرة في الدائرة (0.6) والقدرة الحقيقية فيها (240W) احسب مقدار:

1- ممانعة الدائرة ومعامل الحث الذاتي للملف 2- فولطية المصدر

**الحل/**

$$1. \quad pf = \cos\varphi = \frac{R}{Z} \Rightarrow 0.6 = \frac{60}{Z} \Rightarrow Z = \frac{60}{0.6} = 100\Omega$$

$$Z^2 = R^2 + X_L^2 \Rightarrow X_L^2 = Z^2 - R^2 = (100)^2 - (60)^2 = 10000 - 3600 = 6400$$

$$\therefore X_L = 80\Omega \ , \ X_L = 2\pi f L \Rightarrow L = \frac{X_L}{2\pi f} = \frac{80}{2\pi \times 50} = \frac{4}{5\pi} H$$

$$2. \quad P_{real} = I^2.R \Rightarrow I^2 = \frac{P_{real}}{R} = \frac{240}{60} = 4 \Rightarrow I = 2A$$

$$V_T = I.Z = 2 \times 100 = 200V$$

**مثال/5** دائرة تيار متناوب متوالية الربط تحتوي على ملف ومصدر للفولطية المتناوبة مقدارها ($200\sqrt{2}$ V) وكان مقدار التيار في الدائرة (2A) والقدرة الحقيقية فيها (400W) احسب مقدار:
1- عامل القدرة وقياس زاوية فرق الطور بين الفولطية الكلية والتيار.
2- معامل الحث الذاتي للملف إذا كان تردد الفولطية في الدائرة ( $\frac{100}{\pi}$ Hz ) .

**الحل/**

$$1.\quad Pf = \frac{P_{real}}{P_{app}} = \frac{P_{real}}{I\,V_T} = \frac{400}{2\times 200\sqrt{2}} = \frac{1}{\sqrt{2}}$$

$$pf = \cos\varphi \quad \Rightarrow \quad \cos\varphi = \frac{1}{\sqrt{2}} \quad \Rightarrow \quad \varphi = 45°$$

$$P_{real} = I^2 R \quad \Rightarrow \quad R = \frac{P_{real}}{I^2} = \frac{400}{(2)^2} = \frac{400}{4} = 100\Omega$$

$$2.\quad \tan\phi = \frac{X_L}{R} \quad \Rightarrow \quad X_L = R.\tan\phi = 100\tan 45° = 100\times 1 = 100\Omega$$

$$X_L = 2\pi f L \quad \Rightarrow \quad L = \frac{X_L}{2\pi f} = \frac{100}{2\pi\times\frac{100}{\pi}} = 0.5H$$

**مثال/6** وضعت فولطية مستمرة مقدارها (25V) على طرفي ملف فأصبح تيار الدائرة (1.25A) ولو وضعت فولطية متناوبة مقدارها (25V) وترددها (500Hz) بدلا من هذه الفولطية المستمرة على طرفي الملف نفسه أصبح تيار الدائرة (1A) ما مقدار معامل الحث الذاتي للملف وعامل القدرة وقياس زاوية فرق الطور بين الفولطية والتيار

**الحل/**

للمصدر المستمر :

$$R = \frac{V}{I} = \frac{25}{1.25} = 20\Omega$$

للمصدر المتناوب :

$$Z = \frac{V_T}{I} = \frac{25}{1} = 25\Omega$$

$$Z^2 = R^2 + X_L^2 \quad \Rightarrow \quad X_L^2 = Z^2 - R^2 = (25)^2 - (20)^2 = 625 - 400 = 225 \quad \Rightarrow \quad X_L = 15\Omega$$

$$X_L = 2\pi f L \quad \Rightarrow \quad L = \frac{X_L}{2\pi f} = \frac{15}{2\pi\times 500} = \frac{3}{200\pi} H$$

$$pf = \cos\phi = \frac{R}{Z} = \frac{20}{25} = 0.8$$

$$\tan\phi = \frac{X_L}{R} = \frac{15}{20} = \frac{3}{4} \quad \Rightarrow \quad \phi = 37°$$

**مثال/7** متسعة ذات سعة صرف مقدارها (0.125mF) ربطت على التوالي مع مقاومة صرف وربطت المجموعة الى مصدر للفولطية المتناوبة فرق الجهد بين قطبيه 200V وتردده الزاوي 100rad/sec فاذا كان متجه الطور للفولطية يتاخر عن متجه الطور للتيار بزاوية فرق طور $53^o$ فما مقدار :
1- تيار الدائرة . 2- عامل القدرة . 3- القدرة الحقيقية والقدرة الظاهرية .
4- اكتب معادلة الفولطية.

**الحل/**

$$X_C = \frac{1}{\omega C} = \frac{1}{100\times 0.125\times 10^{-3}} = \frac{10000}{125} = 80\Omega$$

$$\tan\varphi = \frac{-X_C}{R} \Rightarrow \tan(-53°) = \frac{-80}{R} \Rightarrow -\frac{4}{3} = -\frac{80}{R} \Rightarrow R = 60\Omega$$

$$Z^2 = R^2 + X_C^2 = (60)^2 + (80)^2 = 3600 + 6400 = 10000 \Rightarrow Z = 100\Omega$$

$$1- \quad I = \frac{V_T}{Z} = \frac{200}{100} = 2A \quad , \quad 2- \quad Pf = \cos\varphi = \frac{R}{Z} = \frac{60}{100} = 0.6$$

$$3- \quad P_{real} = I^2R = 4\times 60 = 240w \quad , \quad P_{app} = I V_T = 2\times 200 = 400VA$$

$$4- \quad V_m = \sqrt{2}\,V_{eff} = \sqrt{2}\times 200 = 200\sqrt{2}\,V$$

$$\therefore \quad V_{ins} = V_m \sin(\omega t + \varphi) = 200\sqrt{2}\sin(100t - 53°)$$

**مثال/8** دائرة تيار متناوب متوالية الربط تحتوي ملف معامل حثه الذاتي ($\frac{4}{\pi}H$) ومقاومة صرف (300Ω) ومتسعة ذات سعة صرف ومصدر للفولطية المتناوبة مقدارها (100V) بتردد (50Hz) فكان مقدار التيار في الدائرة (0.2A) ومقدار رادة السعة (100Ω) احسب مقدار:
1- مقاومة الملف وعامل القدرة وقياس زاوية فرق الطور بين الفولطية الكلية والتيار .
2- القدرة المستهلكة في الدائرة .

**الحل/**

$$1. \quad X_L = 2\pi f L = 2\pi\times 50\times\frac{4}{\pi} = 400\Omega \quad , \quad Z = \frac{V_T}{I} = \frac{100}{0.2} = 500\Omega$$

$$Z^2 = R_T^2 + (X_L - X_C)^2 \Rightarrow R_T^2 = Z^2 - (X_L - X_C)^2 = (500)^2 - (400-100)^2$$

$$R_T^2 = 250000 - 90000 = 160000 \Rightarrow R_T = 400\Omega$$

$$R_T = R_L + R \Rightarrow R_L = R_T - R = 400 - 300 = 100\Omega$$

$$pf = \cos\varphi = \frac{R_T}{Z} = \frac{400}{500} = 0.8 \quad , \quad \tan\varphi = \frac{X_L - X_C}{R_T} = \frac{400-100}{400} = \frac{300}{400} = \frac{3}{4}$$

$$\therefore \quad \varphi = 37°$$

$$2. \quad P_{real} = I^2R_T = (0.2)^2\times 400 = 16watt$$

**مثال/9** مصدر للفولطية المتناوبة تردده الزاوي (40rad/sec) وفرق الجهد بين قطبيه (50V) ربط بين قطبيه على التوالي متسعة سعتها (1000μF) وملف معامل حثه الذاتي (0.125H) ومقاومته (15Ω) ما مقدار :
1- الممانعة الكلية وتيار الدائرة . 2- فرق الجهد عبر كل من المقاومة والمحث والمتسعة.
3- زاوية فرق الطور بين متجه الطور للفولطية الكلية ومتجه الطور للتيار . وما هي خصائص هذه الدائرة.
4- عامل القدرة.

**الحل/**

$$X_L = \omega L = 40 \times 0.125 = 5\Omega \quad , \quad X_C = \frac{1}{\omega C} = \frac{1}{40 \times 1000 \times 10^{-6}} = \frac{100}{4} = 25\Omega$$

$$1- \quad Z^2 = R^2 + (X_L - X_C)^2 = (15)^2 + (5-25)^2 = 225 + 400 = 625 \quad \Rightarrow \quad Z = 25\Omega$$

$$I = \frac{V_T}{Z} = \frac{50}{25} = 2A$$

$$2- \quad V_R = IR = 2 \times 15 = 30V \quad , \quad V_L = IX_L = 2 \times 5 = 10V \quad , \quad V_C = IX_C = 2 \times 25 = 50V$$

$$3- \quad \tan\phi = \frac{X_L - X_C}{R} = \frac{5-25}{15} = -\frac{20}{15} = -\frac{4}{3} \quad \Rightarrow \quad \phi = -53^o$$

خصائص الدائرة سعوية لان $X_C > X_L$

$$4- \quad Pf = \cos\phi = \frac{R}{Z} = \frac{15}{25} = \frac{3}{5} = 0.6$$

**مثال/10** دائرة تيار متناوب تحتوي ملف ومتسعة ذات سعة صرف مربوطة على التوالي وضعت على الدائرة فولطية متناوبة مقدارها (200V) بتردد ( $\frac{500}{\pi}$ Hz ) فأصبح تيار الدائرة (4A) وعامل القدرة فيها (0.6) والفولطية عبر المتسعة (200V) وكانت للدائرة خصائص سعوية احسب مقدار:
1- سعة المتسعة 2- معامل الحث الذاتي

**الحل/**

$$1. \quad X_C = \frac{V_C}{I} = \frac{200}{4} = 50\Omega$$

$$X_C = \frac{1}{2\pi f C} \quad \Rightarrow \quad C = \frac{1}{2\pi f X_C} = \frac{1}{2\pi \times \frac{500}{\pi} \times 50} = 2 \times 10^{-5} F$$

$$2. \quad Z = \frac{V_T}{I} = \frac{200}{4} = 50\Omega \quad ,$$

$$pf = \cos\varphi = \frac{R}{Z} \quad \Rightarrow \quad 0.6 = \frac{R}{50} \quad \Rightarrow \quad R = 30\Omega$$

$$Z^2 = R^2 + (X_L - X_C)^2$$

$$(X_L - X_C)^2 = Z^2 - R^2 = (50)^2 - (30)^2 = 2500 - 900 = 1600$$

$$\therefore \quad X_L - X_C = 40 \quad \Rightarrow \quad -(X_L - 50) = 40 \quad \Rightarrow \quad X_L = 10\Omega$$

$$X_L = 2\pi f L \quad \Rightarrow \quad L = \frac{X_L}{2\pi f} = \frac{10}{2\pi \times \frac{500}{\pi}} = 0.01H$$

**مثال 11/** ربطت مقاومة صرف $(15\Omega)$ على التوازي مع محث صرف معامل حثه الذاتي $(\frac{1}{5\pi}H)$ ثم ربطت هذه المجموعة عبر مصدر للفولطية المتناوبة فأصبح التيار في فرع المحث $(3A)$ والتيار الكلي $(5A)$ احسب :
1- مقدار فولطية المصدر وترددها . 2- قياس زاوية فرق الطور بين التيار والفولطية
3- ممانعة الدائرة وعامل القدرة مع رسم مخطط التيار بالمتجهات الطورية .

الحل/

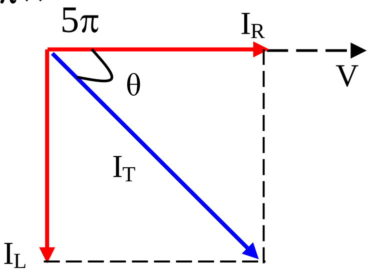
$$1.\quad I_T^2 = I_R^2 + I_L^2 \quad \Rightarrow \quad I_R^2 = I_T^2 - I_L^2 = (5)^2 - (3)^2 = 25 - 9 = 16 \quad \Rightarrow \quad I_R = 4A$$

$$V = I_R.R = 4 \times 15 = 60V$$

$$X_L = \frac{V}{I_L} = \frac{60}{3} = 20\Omega \quad , \quad X_L = 2\pi f L \quad \Rightarrow \quad f = \frac{X_L}{2\pi L} = \frac{20}{2\pi \times \frac{1}{5\pi}} = 50Hz$$

$$2.\quad \tan\phi = \frac{-I_L}{I_R} = \frac{-3}{4} \quad \Rightarrow \quad \phi = -37°$$

$$3.\quad Z = \frac{V}{I_T} = \frac{60}{5} = 12\Omega \quad , \quad pf = \cos\phi = \frac{I_R}{I_T} = \frac{4}{5} = 0.8$$




**مثال 12/** ربطت مقاومة $30\Omega$ على التوازي مع ملف مهمل المقاومة معامل حثه الذاتي $(\frac{2}{5\pi}H)$ ثم ربطت هذه المجموعة عبر مصدر للفولطية المتناوبة فأصبح التيار في فرع الملف $(6A)$ والتيار الكلي $(10A)$ احسب:
1- مقدار فولطية المصدر وترددها 2- قياس زاوية فرق الطور بين التيار الكلي والفولطية

الحل/

$$1.\quad I_T^2 = I_R^2 + I_L^2 \quad \Rightarrow \quad I_R^2 = I_T^2 - I_L^2 = (10)^2 - (6)^2 = 100 - 36 = 64$$

$$\therefore \quad I_R = 8A \quad , \quad V = I_R.R = 8 \times 30 = 240V$$

$$X_L = \frac{V}{I_L} = \frac{240}{6} = 40\Omega$$

$$X_L = 2\pi f L \quad \Rightarrow \quad f = \frac{X_L}{2\pi L} = \frac{40}{2\pi \times \frac{2}{5\pi}} = 50Hz$$

$$2.\quad \tan\varphi = \frac{-I_L}{I_R} = \frac{-6}{8} = \frac{-3}{4} \quad \Rightarrow \quad \varphi = -37°$$

**مثال/13** دائرة تيار متناوب متوازية الربط تحتوي مقاومة صرف ومتسعة ذات سعة صرف رادة السعة لها (60Ω) ومحث صرف معامل حثه الذاتي 0.3H ومصدر للفولطية المتناوبة فرق جهده (300V) وتردده الزاوي (500rad/sec) وكانت القدرة الحقيقية في الدائرة (1200W) احسب مقدار :
1- الممانعة الكلية للدائرة .   2- عامل القدرة .   3- القدرة الظاهرية.

الحل/

$$1-\quad I_C=\frac{V}{X_C}=\frac{300}{60}=5A \quad , \quad I_L=\frac{V}{X_L}=\frac{300}{150}=2A$$

$$X_L=\omega L=500\times 0.3=150\Omega \quad , \quad P_{real}=I_R V \Rightarrow 1200=I_R\times 300$$

$$I_R=\frac{1200}{300}=4A \quad , \quad I_T^2=I_R^2+(I_C-I_L)^2=16+(5-2)^2=16+9=25 \Rightarrow I_T=5A$$

$$Z=\frac{V}{I_T}=\frac{300}{5}=60\Omega$$

$$2-\quad Pf=\cos\varphi=\frac{I_R}{I_T}=\frac{4}{5}=0.8 \quad , \quad 3-\quad P_{app}=I_T V=5\times 300=1500VA$$

**مثال/14** ربطت مقاومة صرف (30Ω) على التوازي مع متسعة ذات سعة صرف ثم ربطت هذه المجموعة عبر قطبي مصدر للفولطية المتناوبة بتردد (50Hz) فأصبحت الممانعة الكلية للدائرة (24Ω) والقدرة الحقيقية المستهلكة بالمقاومة (480watt) ، فما سعة المتسعة ؟

الحل/

$$P_{real}=I_R^2 R \Rightarrow I_R^2=\frac{P_{real}}{R}=\frac{480}{30}=16 \Rightarrow I_R=4A$$

$$V=I_R.R=4\times 30=120V \quad , \quad I_T=\frac{V}{Z}=\frac{120}{24}=5A$$

$$I_T^2=I_R^2+I_C^2 \Rightarrow I_C^2=I_T^2-I_R^2=(5)^2-(4)^2=25-16=9 \Rightarrow I_C=3A$$

$$X_C=\frac{V}{I_C}=\frac{120}{3}=40\Omega$$

$$X_C=\frac{1}{2\pi f C} \Rightarrow C=\frac{1}{2\pi f X_C}=\frac{1}{2\pi\times 50\times 40}=\frac{1}{4\pi}\times 10^{-3}F$$

**مثال/15** دائرة تيار متناوب متوازية الربط تحتوي على متسعة ذات سعة صرف ومقاومة صرف (50Ω) ومحث صرف معامل حثه الذاتي ( $\frac{1}{5\pi}H$ ) ومصدر للفولطية المتناوبة بتردد (100Hz) فكانت القدرة المستهلكة في الدائرة (3200watt) وعامل القدرة (0.8) وكانت للدائرة خصائص سعوية فما مقدار:
1- فولطية المصدر.   2- التيار الكلي .   3- التيار في فرع المحث والتيار في فرع المتسعة
4- ممانعة الدائرة وقياس زاوية فرق الطور بين التيار الكلي والفولطية .

الحل/

$$1.\quad P_{real} = I_R^2 . R \Rightarrow I_R^2 = \frac{P_{real}}{R} = \frac{3200}{50} = 64 \Rightarrow I_R = 8A$$

$$V = I_R . R = 8 \times 50 = 400V$$

$$2.\quad pf = \cos\phi = \frac{I_R}{I_T} \Rightarrow 0.8 = \frac{8}{I_T} \Rightarrow I_T = \frac{8}{0.8} = 10A$$

$$3.\quad X_L = 2\pi f L = 2\pi \times 100 \times \frac{1}{5\pi} = 40\Omega$$

$$I_L = \frac{V}{X_L} = \frac{400}{40} = 10A$$

$$I_T^2 = I_R^2 + (I_C - I_L)^2 \Rightarrow (I_C - I_L)^2 = I_T^2 - I_R^2 = (10)^2 - (8)^2 = 100 - 64 = 36$$

$$\therefore I_C - I_L = 6 \Rightarrow I_C = I_L + 6 = 10 + 6 = 16A$$

$$4.\quad Z = \frac{V}{I_T} = \frac{400}{10} = 40\Omega$$

$$\tan\phi = \frac{(I_C - I_L)}{I_R} = \frac{16-10}{8} = \frac{6}{8} = \frac{3}{4} \Rightarrow \phi = 37°$$

**مثال/16** دائرة تيار متناوب تحتوي محث صرف ومتسعة ذات سعة صرف ومقاومة صرف ربطت جميعها على التوازي عبر قطبي مصدر للفولطية المتناوبة قدرها (100V) وترددها (50Hz) ومقدار رادة الحث (50Ω) وسعة المتسعة ($\frac{1}{\pi}$mF) والقدرة الحقيقية في الدائرة (800W) احسب مقدار :

1- التيار الكلي في الدائرة .
2- قياس زاوية فرق الطور بين التيار الكلي والفولطية .
3- عامل القدرة وممانعة الدائرة .

الحل/

$$1.\quad X_C = \frac{1}{2\pi f C} = \frac{1}{2\pi \times 50 \times \frac{1}{\pi} \times 10^{-3}} = 10\Omega$$

$$I_C = \frac{V}{X_C} = \frac{100}{10} = 10A \;,\; I_L = \frac{V}{X_L} = \frac{100}{50} = 2A \;,\; P_{real} = I_R V \Rightarrow I_R = \frac{P_{real}}{V} = \frac{800}{100} = 8A$$

$$I_T^2 = I_R^2 + (I_C - I_L)^2 = (8)^2 + (10-2)^2 = 64 + 64 = 64 \times 2 \Rightarrow I_T = 8\sqrt{2}\,A$$

$$2.\quad \tan\phi = \frac{I_C - I_L}{I_R} = \frac{10-2}{8} = \frac{8}{8} = 1 \Rightarrow \phi = 45°$$

$$3.\quad pf = \cos\phi = \cos 45° = \frac{1}{\sqrt{2}} \quad , \quad Z = \frac{V}{I_T} = \frac{100}{8\sqrt{2}} = 6.25\sqrt{2}\,\Omega$$

**مثال/17** دائرة رنينية متوالية الربط تتألف من ملف معامل حثه الذاتي (0.1H) مقاومته (2Ω) ومتسعة ذات سعة صرف سعتها (40μF) احسب مقدار :

1- عامل النوعية وعامل القدرة في الدائرة
2- تردد الدائرة وممانعتها

الحل/

$$1.\ Qf=\frac{1}{R}\times\sqrt{\frac{L}{C}}=\frac{1}{2}\times\sqrt{\frac{0.1}{40\times10^{-6}}}=\frac{1}{2}\times\sqrt{2500}=\frac{1}{2}\times50=25$$

$$pf=\cos\phi=\frac{R}{Z}=\frac{R}{R}=1$$

$$2.\ f_r=\frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}=\frac{1}{2\pi\sqrt{0.1\times40\times10^{-6}}}=\frac{1}{4\pi\times10^{-3}}=\frac{250}{\pi}Hz\quad,\quad Z=R=2\Omega$$

**مثال/18** دائرة تيار متناوب متوالية الربط تحتوي على ملف معامل حثه الذاتي $(200\mu H)$ ومقاومته $(10\Omega)$ ومتسعة متغيرة السعة أخذ منها سعة مقدارها $(20nF)$ فإذا وضعت على الدائرة فولطية متناوبة مقدارها $(0.1V)$ أصبحت هذه الدائرة في حالة رنين احسب مقدار:

1- التردد الرنيني 2- تيار الدائرة 3- عامل القدرة 4- عامل النوعية 5- الفولطية عبر المتسعة
6- الممانعة الكلية للدائرة وقياس زاوية فرق الطور بين الفولطية والتيار .

الحل/

$$1.\ f_r=\frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}=\frac{1}{2\pi\sqrt{200\times10^{-6}\times20\times10^{-9}}}=\frac{1}{2\pi\times2\times10^{-6}}=\frac{1}{4\pi}\times10^{6}Hz$$

$$2.\ I_r=\frac{V_T}{R}=\frac{0.1}{10}=0.01A\quad,\quad 3.\ pf=\cos\varphi=\frac{R}{Z}=\frac{R}{R}=1$$

$$4.\ Qf=\frac{1}{R}\times\sqrt{\frac{L}{C}}=\frac{1}{10}\times\sqrt{\frac{200\times10^{-6}}{20\times10^{-9}}}=\frac{1}{10}\times100=10$$

$$5.\ X_C=\frac{1}{2\pi f_r C}=\frac{1}{2\pi\times\frac{250}{\pi}\times20\times10^{-9}}=100\Omega\quad,\quad V_C=I\,X_C=0.01\times100=1V$$

$$6.\ Z=R=10\Omega\quad,\quad\varphi=0$$

**مثال/19** دائرة تيار متناوب متوالية الربط تحتوي على ملف مقاومته $(4\Omega)$ ومتسعة ذات سعة صرف مقدارها $(20\times10^{-6}\mu F)$ فإذا وضعت على الدائرة فولطية متناوبة قدرها $(100V)$ وترددها $(50Hz)$ أصبح تيار الدائرة أعظم ما يمكن ، فما مقدار؟

1- معامل الحث الذاتي للملف 2- الفولطية عبر المحث والمتسعة 3- عامل القدرة 4- عامل النوعية

الحل/

$$1.\ f_r=\frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}\ \Rightarrow\ 50=\frac{1}{2\pi\sqrt{L\times20\times10^{-6}}}\ \Rightarrow\ 2500=\frac{1}{4\pi^2\times20L\times10^{-6}}$$

$$2000000\pi^2L\times10^{-6}=1\ \Rightarrow\ L=\frac{1}{200000\pi^2\times10^{-6}}=\frac{5}{\pi^2}=0.5H\quad,\quad(\pi^2\approx10)$$

$$2.\ I=\frac{V_T}{R}=\frac{100}{4}=25A\quad,\quad X_L=2\pi f\,L=2\pi\times50\times0.5=50\pi\Omega$$

$$V_L=I.X_L=25\times50\pi=1250\pi V\quad,\quad V_C=V_L=1250\pi V$$

$$3.\quad pf = \cos\varphi = \frac{R}{Z} = \frac{R}{R} = 1$$

$$4.\quad Qf = \frac{1}{R}\times\sqrt{\frac{L}{C}} = \frac{1}{4}\times\sqrt{\frac{\frac{5}{\pi^2}}{20\times10^{-6}}} = \frac{1}{4}\times\sqrt{\frac{25}{\pi^2}\times10^4}$$

$$= \frac{1}{4}\times\frac{500}{\pi} = \frac{125}{\pi} = 39.8$$

**مثال/20** ربط ملف ومقاومة صرف ومتسعة ذات سعة صرف متغيرة السعة على التوالي مع مصدر للفولطية المتناوبة مقدارها (240V) بتردد ( $\frac{500}{\pi}$ Hz ) فإذا كانت مقاومة الملف (10Ω) ومقدار المقاومة المربوطة في الدائرة (30Ω) ومقدار رادة الحث (120Ω) ومقدار رادة السعة للمتسعة (90Ω) احسب مقدار:

1- معامل الحث الذاتي للملف وسعة المتسعة .
2- الممانعة الكلية للدائرة وتيار الدائرة وقياس زاوية فرق الطور بين الفولطية الكلية والتيار .
3- سعة المتسعة التي تجعل هذه الدائرة في حالة رنين بالتردد نفسه . ارسم مخطط الممانعة للدائرة الرنينية
4 - التيار وعامل النوعية في الدائرة الرنينية .

الحل/

$$1.\quad X_L = 2\pi f L \quad\Rightarrow\quad L = \frac{X_L}{2\pi f} = \frac{120}{2\pi\times\frac{500}{\pi}} = 0.12H$$

$$X_C = \frac{1}{2\pi f C} \quad\Rightarrow\quad C = \frac{1}{2\pi f X_C} = \frac{1}{2\pi\times\frac{500}{\pi}\times90} = \frac{1}{9}\times10^{-4}F$$

$$2.\quad R_T = R_L + R = 10 + 30 = 40\Omega$$

$$Z^2 = R_T^2 + (X_L - X_C)^2 = (40)^2 + (120-90)^2 = 1600 + 900 = 2500$$

$$\therefore\ Z = 50\Omega$$

$$I = \frac{V_T}{Z} = \frac{240}{50} = 4.8A$$

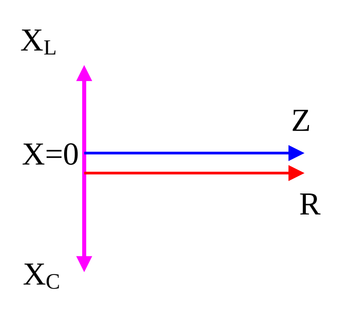
$$\tan\varphi = \frac{X_L - X_C}{R} = \frac{120-90}{40} = \frac{30}{40} = \frac{3}{4} \quad\Rightarrow\quad \varphi = 37°$$

$$3.\quad f_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \quad\Rightarrow\quad (\frac{500}{\pi})^2 = \frac{1}{4\pi^2\times0.12C} \quad\Rightarrow\quad 250000 = \frac{1}{4\times0.12C}$$

$$\therefore\quad C = \frac{1}{12}\times10^{-4}F$$

$$4.\quad I=\frac{V_T}{I}=\frac{240}{40}=6A$$

$$Qf=\frac{1}{R}\times\sqrt{\frac{L}{C}}=\frac{1}{40}\times\sqrt{\frac{0.12}{\frac{1}{12}\times10^4}}=\frac{1}{40}\times12\times10=3$$




## أسئلة الفصل الثالث

**س1/ اختر العبارة الصحيحة لكل من العبارات الآتية :**

1- دائرة تيار متناوب متوالية الربط ، الحمل فيها يتالف من مقاومة صرف (R) يكون فيها مقدار القدرة المتوسطة لدورة كاملة او لعدد صحيح من الدورات :

a- يساوي صفرا ، ومتوسط التيار يساوي صفرا.
b- يساوي صفرا ، ومتوسط التيار يساوي نصف المقدار الاعظم للتيار.
***c- نصف المقدار الاعظم للقدرة ، ومتوسط التيار يساوي صفرا.***
d- نصف المقدار الاعظم للقدرة ، ومتوسط التيار يساوي نصف المقدار الاعظم للتيار.

2- دائرة تيار متناوب متوازية الربط تحتوي محث صرف ومتسعة ذات سعة صرف ومقاومة صرف $(L - C - R)$ لا يمكن ان يكون فيها :

a- التيار خلال المتسعة متقدما على التيار خلال المحث بفرق طور $(\Phi = \pi)$.
b- التيار خلال المتسعة متقدما على التيار خلال المقاومة بفرق طور $(\Phi = \frac{\pi}{2})$.
***c- التيار خلال المقاومة والتيار خلال المتسعة يكونان بالطور نفسه $(\Phi = 0)$.***
d- التيار خلال المحث يتأخر عن التيار خلال المقاومة بفرق طور $(\Phi = \frac{\pi}{2})$.

3- دائرة تيار متناوب ، تحتوي مذبذب كهربائي فرق جهده ثابت المقدار، ربطت بين طرفيه متسعة ذات سعة صرف سعتها ثابتة المقدار ، عند ازدياد تردد الفولطية المذبذب :

***a- يزداد مقدار التيار في الدائرة***　　b- يقل مقدار التيار في الدائرة
c- ينقطع التيار في الدائرة　　d- أي من العبارات السابقة ، يعتمد ذلك على مقدار سعة المتسعة.

4- دائرة تيار متناوب متوالية الربط تحتوي محثا صرف ومتسعة ذات سعة صرف ومقاومة صرف $(L - C - R)$ فان جميع القدرة في هذه الدائرة :

***a- تتبدد خلال المقاومة***　b- تتبدد خلال المتسعة　c- تتبدد خلال المحث　d- تتبدد خلال العناصر الثلاث في الدائرة.

5- دائرة تيار متناوب متوالية الربط تحتوي محثا صرف ومتسعة ذات سعة صرف ومقاومة صرف $(L - C - R)$ ومذبذب كهربائي عندما يكون تردد المذبذب اصغر من التردد الرنيني لهذه الدائرة ، فانها تمتلك :

a- خواص حثية بسبب كون : $X_L>X_C$　　b- خواص سعوية بسبب كون : $X_C<X_L$
c- خواص اومية خالصة بسبب كون : $X_L=X_C$　　***d- خواص سعوية بسبب كون $X_C>X_L$.***

6- دائرة تيار متناوب متوالية الربط تحتوي محث صرف ومتسعة ذات سعة صرف ومقاومة صرف (L – C – R) عندما تكون الممانعة الكلية للدائرة باصغر مقدار وتيار هذه الدائرة باكبر مقدار فان مقدار عامل القدرة فيها:

a- اكبر من الواحد الصحيح    b- اقل من الواحد الصحيح    c- يساوي صفرا    ***d- يساوي واحد صحيح.***

7- دائرة تيار متناوب متوازية الربط تحتوي محثا صرف ومتسعة ذات سعة صرف ومقاومة صرف (L – C – R) تكون لهذه الدائرة خواص حثية اذا كانت :

a- رادة الحث $X_L$ اكبر من رادة السعة $X_C$ .    ***b- رادة السعة $X_C$ اكبر من رادة الحث $X_L$.***

c- رادة الحث $X_L$ تساوي رادة السعة $X_C$.    d- رادة السعة $X_C$ اصغر من المقاومة.

**س2/ اثبت ان كل من رادة الحث ورادة السعة تقاس بالاوم.**

ج/

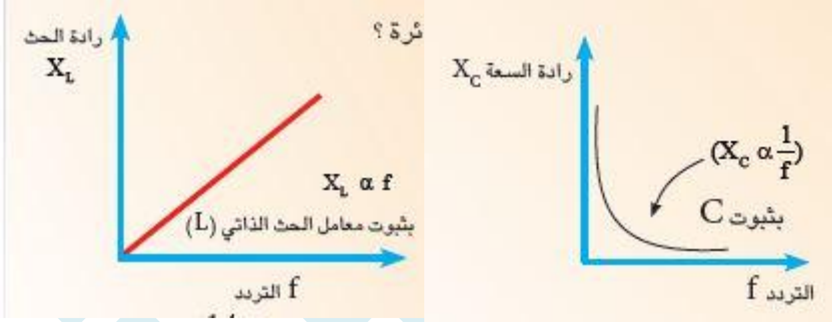
$$X_L = 2\pi f L \quad \Rightarrow \quad X_L = Hz.Henry = \frac{1}{sec}.\frac{Volt.sec}{Ampere} = \frac{Volt}{Ampere} = ohm(\Omega)$$

$$X_C = \frac{1}{2\pi fC} = \frac{1}{\frac{1}{sec}.Farad} = \frac{1}{\frac{1}{sec}.\frac{Coulomb}{Volt}} = \frac{sec.Volt}{Amper.sec} = Ohm$$

**س3/ ما تاثير تردد فولطية المصدر على كل من : 1- رادة السعة    2- رادة الحث . موضحا بالرسم لمخطط البياني لكل منهما .**

ج/1- رادة السعة تقل بزيادة التردد بثبوت سعة المتسعة (علاقة عكسية).

2- رادة الحث تزداد بزيادة التردد بثبوت معامل الحث الذاتي (تناسب طردي).

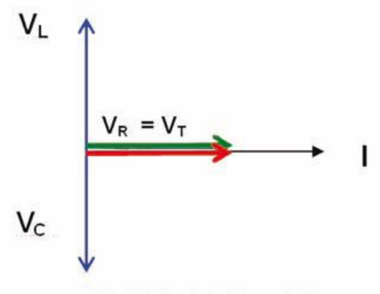



**س4/ دائرة تيار متناوب تحتوي مقاومة صرف ومحث صرف ومتسعة ذات سعة صرف (R – L – C) مربوطة على التوالي مع بعضها وربطت مجموعتهما مع مصدرا للفولطية المتناوبة . ما العلاقة بين متجه الطور للفولطية الكلية ومتجه الطور للتيار في الحالات الاتية :**

**a- رادة الحث تساوي رادة السعة ($X_L$=$X_C$).**

**b- رادة الحث اكبر من رادة السعة ($X_L$>$X_C$).**

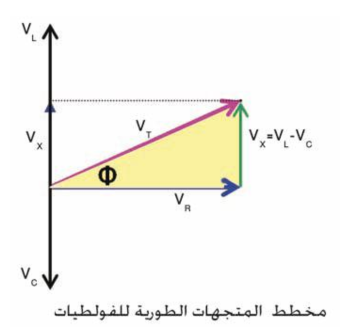
**c- رادة الحث اصغر من رادة السعة ($X_L$<$X_C$).**



مخطط المتجهات الطورية للفولطيات

ج/ a- عندما ($X_L = X_C$) فان:

متجه الطور للفولطية الكلية ومتجه الطور للتيار يكونان في طور واحد أي ان ($\phi = 0$) والدائرة لها خصائص مقاومة صرف (اومية) وهي حالة الرنين الكهربائي ، لاحظ الشكل (a)

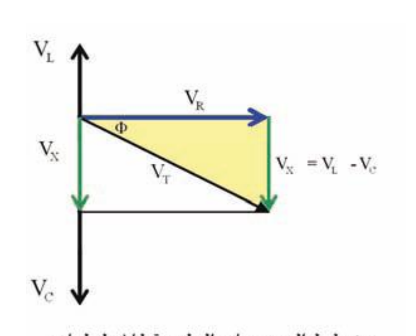


مخطط المتجهات الطورية للفولطيات

b- عندما ($X_L$>$X_C$) فان:

متجه الطور للفولطية الكلية $V_T$ يتقدم عن متجه الطور للتيار بزاوية فرق طور $\phi$ موجبة ، $0 < \phi < \frac{\pi}{2}$ وتكون للدائرة خصائص حثية ، لاحظ الشكل (b).

c- عندما $(X_L<X_C)$ فان:
متجه الطور للفولطية الكلية يتأخر عن متجه الطور للتيار بزاوية فرق طور $\phi$ سالبة وتكون للدائرة خصائص سعوية . لاحظ الشكل (c).



مخطط المتجهات الطورية للفولطيات

**س5/ دائرة تيار متناوب تحتوي مقاومة صرف ومحث صرف ومتسعة ذات سعة صرف (R – L – C) على التوالي مع بعضها . وربطت مجموعتهما مع مصدر للفولطية المتناوبة . وضح كيف يتغير مقدار كل من المقاومة ورادة الحث ورادة السعة ، اذا تضاعف التردد الزاوي للمصدر.**

ج/ مقدار R ثابت لا يتغير مع تغير التردد الزاوي $(\omega)$.
مقدار رادة الحث $X_L$ يتضاعف بمضاعفة التردد الزاوي لان :

$$X_L = \omega L \Rightarrow X_L \alpha \omega \quad \text{بثبوت } L$$

$$\frac{X_{L2}}{X_{L1}} = \frac{\omega_2}{\omega_1} \Rightarrow \frac{X_{L2}}{X_{L1}} = \frac{2\omega_1}{\omega_1} \Rightarrow X_{L2} = 2X_{L1}$$

يقل مقدار رادة السعة $X_C$ إلى نصف ما كان عليه بمضاعفة التردد الزاوي لان:

$$X_C = \frac{1}{\omega C} \Rightarrow X_C \alpha \frac{1}{\omega} \quad \text{بثبوت } C$$

$$\frac{X_{C2}}{X_{C1}} = \frac{\omega_1}{\omega_2} \Rightarrow \frac{X_{C2}}{X_{C1}} = \frac{\omega_1}{2\omega_1} \Rightarrow X_{C2} = \frac{1}{2}X_{C1}$$

**س6/ علامَ يعتمد مقدار كل مما يأتي :**
**1- الممانعة الكلية لدائرة تيار متناوب متوالية الربط تحتوي مقاومة صرف ومحث صرف ومتسعة ذات سعة صرف (R – L – C).**

ج/ 1- يعتمد مقدار الممانعة الكلية لدائرة تيار متناوب (R – L – C) على:-
a- مقدار المقاومة (R) b- مقدار معامل الحث الذاتي (L) c- مقدار سعة المتسعة (C).
d- مقدار تردد مصدر الفولطية (f).
وفق العلاقة الآتية :

$$Z = \sqrt{R^2 + (2\pi f L - \frac{1}{2\pi f C})^2}$$

**2- عامل القدرة في دائرة تيار متناوب متوالية الربط تحتوي مقاومة صرف ومحث صرف ومتسعة ذات سعة صرف (R – L – C).**

ج/عامل القدرة Pf يعتمد على نسبة القدرة الحقيقة $P_{real}$ إلى القدرة الظاهرية $P_{app}$

$$Pf = \frac{P_{real}}{P_{app}}$$

او يعتمد على قياس زاوية فرق الطور بين الفولطية الكلية $(V_T)$ والتيار (I) لان $(Pf = \cos\phi)$ او يعتمد على المقاومة (R) والممانعة (Z).

$$Pf = \cos\phi = R / Z$$

**3- عامل النوعية في دائرة تيار متناوب متوالية الربط تحتوي مقاومة صرف ومحث صرف ومتسعة ذات سعة صرف (R – L – C).**
ج/عامل النوعية Qf يعتمد على النسبة بين مقداري التردد الزاوي الرنيني ($\omega_r$) ونطاق التردد الزاوي ($\Delta\omega$) حيث:

$$Qf = \frac{\omega_r}{\Delta\omega}$$

او يعتمد عامل النوعية على : مقدار المقاومة (R) وعلى معامل الحث الذاتي (L) وعلى سعة المتسعة (C) على وفق العلاقة الاتية:

$$Qf = \frac{1}{R}\sqrt{\frac{L}{C}}$$

**س7/ ما الذي تمثله كل من الاجزاء الموجبة والاجزاء السالبة في منحني القدرة الانية في دائرة تيار متناوب تحتوي فقط :**
**1- محث صرف 2- متسعة ذات سعة صرف.**
ج/ 1- الاجزاء الموجبة من المنحني تمثل مقدار القدرة المختزنة في المجال المغناطيسي للمحث عندما تنقل القدرة من المصدر إلى المحث .
والاجزاء السالبة من المنحني تمثل مقدار القدرة المعادة للمصدر عندما تعاد جميع هذه القدرة إلى المصدر.
2- الاجزاء الموجبة من المنحني تمثل مقدار القدرة المختزنة في المجال الكهربائي بين صفيحتي المتسعة (المتسعة تشحن) عندما تنقل القدرة من المصدر إلى المتسعة .
الاجزاء السالبة من المنحني تمثل مقدار القدرة المعادة للمصدر (المتسعة تفرغ شحنتها) عندما تعاد جميع هذه القدرة إلى المصدر.
**س8/ a- لماذا يفضل استعمال محث صرف في التحكم بتيار التفريغ في مصباح الفلورسينت ولا تستعمل مقاومة صرف.**
ج/ لان المحث عندما يكون صرف لا يستهلك (لا يبدد) قدرة ($P_{dissipated}=0$) بينما المقاومة تبدد قدرة ($P_{dissipated}=I^2R$).
**b- ما هي مميزات دائرة رنين التوالي الكهربائية التي تحتوي (مقاومة ومحث صرف ومتسعة ذات سعة صرف ومذبذب كهربائي؟**
ج/ في الملزمة.
**c- ما مقدار عامل القدرة في دائرة تيار متناوب (مع ذكر السبب) اذا كان الحمل فيها يتالف من :**
**1- مقاومة صرف 2- محث صرف 3- متسعة ذات سعة صرف.**
**4- ملف ومتسعة والدائرة متوالية الربط ليست في حالة رنين.**
ج/ 1- عامل القدرة يساوي واحد لان زاوية فرق الطور ($\phi$) بين متجه الطور للفولطية ($V_R$) ومتجه الطور للتيار ($I_R$) تساوي صفر لان : cos0=1

$$Pf = \cos\phi = \cos o = 1$$

2- عامل القدرة (Pf) يساوي صفر لان متجه الطور للفولطية يسبق متجه الطور للتيار بزاوية فرق طور ($\phi = 90°$) توجد معاكسة لتغير التيار (رادة الحث) .

$$Pf = \cos\phi = \cos 90° = 0$$

3- عامل القدرة (Pf) يساوي صفر لان متجه الطور للتيار يسبق متجه الطور للفولطية بزاوية فرق الطور ($\phi = 90°$) وتوجد معاكسة لتغير التيار (رادة سعة) .

$$Pf = \cos\phi = \cos 90° = 0$$

4- لان زاوية فرق الطور بين الفولطية والتيار تكون ($0 < \phi < 90°$) فان $0 < Pf < 1$ وذلك بسبب وجود ممانعة كلية بالدائرة (Z) وهي المعاكسة المشتركة للمقاومة والرادة.

**س9/ ما المقصود بكل من :**
**1- عامل القدرة؟ 2- عامل النوعية؟ 3- المقدار المؤثر للتيار المتناوب؟**
ج/
1- عامل القدرة : هو نسبة القدرة الحقيقية الى القدرة الظاهرية .
2- عامل النوعية : هو نسبة التردد الزاوي الرنيني الى نطاق التردد الزاوي .
3- المقدار المؤثر للتيار المتناوب : هو مقدار التيار المتناوب المساوي للتيار المستمر الذي لو انساب في مقاومة معينة فانه يولد التأثير الحراري نفسه الذي يولده التيار المتناوب المنساب خلال المقاومة نفسها وللفترة الزمنية نفسها.

**س10/ دائرة تيار متناوب تحتوي مقاومة صرف ومحث صرف ومتسعة ذات سعة صرف (R – L –C) على التوالي مع بعضها وربطت مجموعتهما مع مصدر للفولطية المتناوبة وكانت هذه الدائرة في حالة رنين وضح ما هي خصائص هذه الدائرة وما علاقة الطور بين متجه الطور للفولطية ومتجه الطور للتيار اذا كان تردده الزاوي:**
**1- اكبر من التردد الزاوي الرنيني . 2- اصغر من التردد الزاوي الرنيني 3- يساوي التردد الزاوي الرنيني**
ج/ 1- عندما $(\omega>\omega_r)$ تكون للدائرة خصائص حثية أي ان متجه الطور للفولطية الكلية $(V_T)$ يتقدم على متجه الطور للتيار بزاوية فرق طور $\phi$ موجبة (تقع في الربع الاول) وهذا يجعل $V_L > V_C$.
2- عندما $(\omega<\omega_r)$ تكون للدائرة خصائص سعوية أي ان متجه الطور للفولطية يتاخر عن متجه الطور للتيار بزاوية فرق طور $\phi$ سالبة (تقع في الربع الرابع) وهذا يجعل $V_L < V_C$ .
3- عندما $(\omega=\omega_r)$ تكون للدائرة خصائص مقاومة اومية صرف وان زاوية فرق الطور بين متجه الطور للفولطية ومتجه الطور للتيار تساوي صفر $(\phi = 0)$ وتسمى مثل هذه الدائرة بالدائرة الرنينية.

**س11/ ربط مصباح كهربائي على التوالي مع متسعة ذات سعة صرف ومصدر للتيار المتناوب عند أي الترددات الزاوية العالية ام الواطئة يكون المصباح اكثر توهجا ؟ وعند أي منها يكون المصباح اقل توهجا ؟ (بثبوت مقدار فولطية المصدر) ، وضح ذلك.**
ج/ عند الترددات الزاوية العالية تقل $X_C$ فيزداد التيار في الدائرة لذا يكون المصباح اكثر توهجا.
عند الترددات الزاوية المنخفضة (الواطئة) تزداد $X_C$ فيقل التيار لذا يكون المصباح اقل توهجا.

$$X_C = \frac{1}{\omega C} \Rightarrow X_C \alpha \frac{1}{\omega} \quad \text{بثبوت } C$$

$$I_C = \frac{V}{X_C} \Rightarrow I_C \alpha \frac{1}{X_C} \Rightarrow I_C \alpha \omega \quad \text{بثبوت } C$$

**س12/ ربط مصباح كهربائي على التوالي مع محث صرف ومصدر للتيار المتناوب ، عند أي من الترددات الزاوية العالية ام الواطئة يكون المصباح اكثر توهجا ؟ وعند أي منها يكون المصباح اقل توهجا ؟ (بثبوت مقدار فولطية المصدر) ، وضح ذلك.**
ج/ عند الترددات الزاوية العالية تزداد $X_L$ فيقل التيار في الدائرة لذا يكون المصباح اقل توهجا.
عند الترددات الزاوية المنخفضة (الواطئة) تقل $X_L$ فيزداد التيار في هذه الدائرة لذا يكون المصباح اكثر توهجا.

$$X_L = \omega L \Rightarrow X_L \alpha \omega \quad \text{بثبوت } L$$

$$I_L = \frac{V}{X_L} \Rightarrow I_L \alpha \frac{1}{X_L} \quad \text{بثبوت } L$$

## مسائل الفصل الثالث

**س1/** مصدر للفولطية المتناوبة ، ربطت بين طرفيه مقاومة صرف مقدارها $(250\Omega)$ يعطى فرق الجهد بين طرفي المصدر بالعلاقة التالية : $V_R=500Sin(200\pi t)$

1- اكتب العلاقة التي يعطى بها التيار في هذه الدائرة .
2- احسب المقدار المؤثر للفولطية والمقدار المؤثر للتيار .
3- تردد الدائرة والتردد الزاوي في الدائرة .

الحل

$$1-\ V_m = 500V$$

$$I_m = \frac{V_m}{R} = \frac{500}{250} = 2A$$

$$I_R = I_m \sin(\omega t) \ \Rightarrow\ I_R = 2\sin(200\pi t)$$

$$2-\ V_{eff} = \frac{V_m}{\sqrt{2}} = \frac{500}{\sqrt{2}} = \frac{500}{\sqrt{2}} \times \frac{\sqrt{2}}{\sqrt{2}} = 250\sqrt{2}\,V \ ,\ I_{eff} = \frac{V_{eff}}{R} = \frac{250\sqrt{2}}{250} = \sqrt{2} = 1.414A$$

$$3-\ \omega = 200\pi\, rad/s$$

$$\omega = 2\pi f \ \Rightarrow\ f = \frac{\omega}{2\pi} = \frac{200\pi}{2\pi} = 100Hz$$

**س2/** ربط ملف بين قطبي بطارية فرق الجهد بينهما $(20V)$ وكان تيار الدائرة $(5A)$ . فإذا فصل الملف عن البطارية وربط بين قطبي مصدر للفولطية المتناوبة المقدار المؤثر لفرق الجهد بين قطبيه $(20V)$ بتردد $(\frac{700}{22}Hz)$ كان تيار هذه الدائرة $(4A)$ . احسب مقدار:

1- معامل الحث الذاتي للملف .
2- زاوية فرق الطور بين متجه الطور للفولطية ومتجه الطور للتيار مع رسم مخطط طوري للممانعة .
3- عامل القدرة .        4- كل من القدرة الحقيقية والقدرة الظاهرية.

الحل

$$R = \frac{V}{I} = \frac{20}{5} = 4\Omega \ ,\ Z = \frac{V_T}{I} = \frac{20}{4} = 5\Omega$$

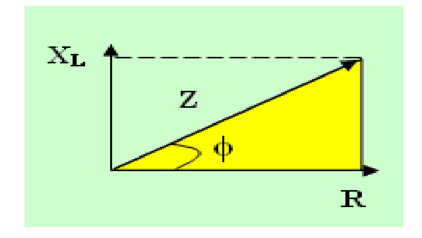
$$Z^2 = R^2 + X_L^2 \ \Rightarrow\ 25 = 16 + X_L^2 \ \Rightarrow\ X_L^2 = 25 - 16 = 9 \ \Rightarrow\ X_L = 3\Omega$$

$$X_L = 2\pi f L \ \Rightarrow\ 3 = 2\times\frac{22}{7}\times\frac{700}{22}L \ \Rightarrow\ 3 = 200L \ \Rightarrow\ L = \frac{3}{200} = 0.015H$$

$$2-\ \tan\varphi = \frac{X_L}{R} = \frac{3}{4} \ \Rightarrow\ \varphi = 37° \ ,\ 3-\ pf = \cos\varphi = \frac{R}{Z} = \frac{4}{5} = 0.8$$

$$4-\ P_{real} = I^2R = (4)^2 \times 4 = 64watt$$

$$P_{app} = I V_T = 4\times 20 = 80VA$$

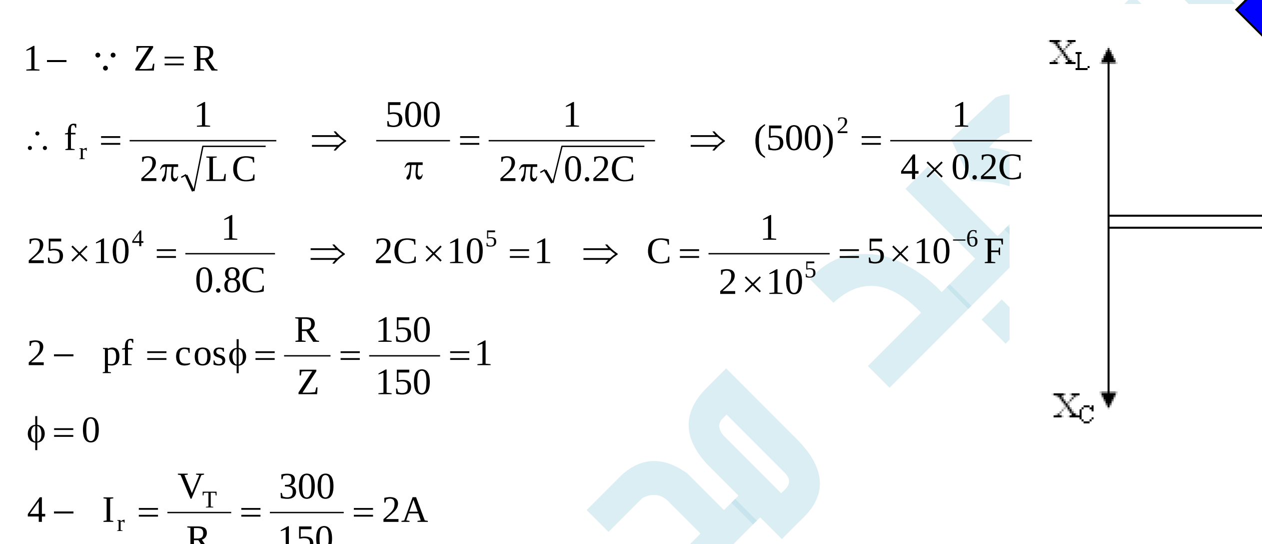



مخطط الممانعة

**س3/** مقاومة صرف مقدارها $(150\Omega)$ ربطت على التوالي مع ملف مهمل المقاومة معامل حثه الذاتي $(0.2H)$ ومتسعة ذات سعة صرف ، ربطت المجموعة بين قطبي مصدر للفولطية المتناوبة تردده $(\frac{500}{\pi}Hz)$ وفرق الجهد بين طرفيه $(300V)$ . احسب مقدار:

1- سعة المتسعة التي تجعل الممانعة الكلية في الدائرة $(150\Omega)$ .
2- عامل القدرة في الدائرة . وزاوية فرق الطور بين الفولطية الكلية والتيار.
3- ارسم المخطط الطوري للممانعة .
4- تيار الدائرة .
5- كل من القدرة الحقيقية (المستهلكة) والقدرة الظاهرية .

**الحل**




$$1-\quad \because\ Z=R$$

$$\therefore\ f_r=\frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \Rightarrow \frac{500}{\pi}=\frac{1}{2\pi\sqrt{0.2C}} \Rightarrow (500)^2=\frac{1}{4\times0.2C}$$

$$25\times10^4=\frac{1}{0.8C} \Rightarrow 2C\times10^5=1 \Rightarrow C=\frac{1}{2\times10^5}=5\times10^{-6}F$$

$$2-\quad pf=\cos\phi=\frac{R}{Z}=\frac{150}{150}=1$$

$$\phi=0$$

$$4-\quad I_r=\frac{V_T}{R}=\frac{300}{150}=2A$$

$$5-\quad P_{real}=I^2R=(2)^2\times150=600watt\ ,\quad P_{app}=P_{real}=600VA$$

**س4/** دائرة تيار متناوب متوازية الربط تحتوي مقاومة صرف ومتسعة ذات سعة صرف مقدارها $(20\mu F)$ ومحث صرف ومصدر للفولطية المتناوبة فرق الجهد بين طرفيه $(100V)$ بتردد $(\frac{100}{\pi}Hz)$ ، كانت القدرة الحقيقية في الدائرة $(80W)$ وعامل القدرة فيها 0.8 وللدائرة خصائص حثية . احسب مقدار:

1- التيار في فرع المقاومة والتيار في فرع المتسعة . 2- التيار الكلي .
3- زاوية فرق الطور بين التيار الكلي والفولطية مع رسم مخطط المتجهات الطورية للتيارات .
4- معامل الحث الذاتي للمحث .

**الحل**

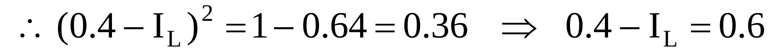
$$1-\quad P_{real}=I_RV \Rightarrow 80=I_R\times100 \Rightarrow I_R=\frac{80}{100}=0.8A$$

$$X_C=\frac{1}{2\pi fC} \Rightarrow X_C=\frac{1}{2\pi\times\frac{100}{\pi}\times20\times10^{-6}}=250\Omega$$

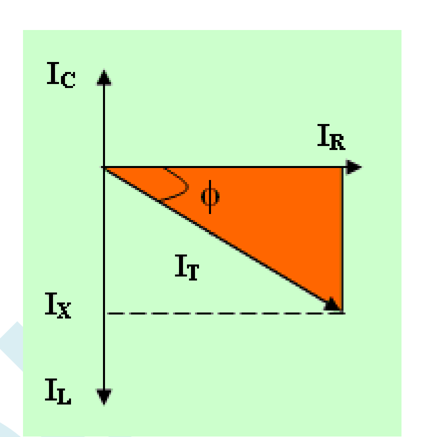
$$I_C=\frac{V}{X_C}=\frac{100}{250}=0.4A$$

$$2- \quad pf = \cos\varphi = \frac{I_R}{I_T} \quad \Rightarrow \quad 0.8 = \frac{0.8}{I_T} \quad \Rightarrow \quad I_T = 1A$$

$$3- \quad I_T^2 = I_R^2 + (I_C - I_L)^2 \quad \Rightarrow \quad (1)^2 = (0.8)^2 + (0.4 - I_L)^2 \quad \Rightarrow \quad 1 = 0.64 + (0.4 - I_L)^2$$



$$\therefore (0.4 - I_L)^2 = 1 - 0.64 = 0.36 \quad \Rightarrow \quad 0.4 - I_L = 0.6$$




$\because$ الخصائص حثية

$$0.4 - I_L = -0.6 \quad \Rightarrow \quad I_L = 0.4 + 0.6 = 1A$$

$$\tan\phi = \frac{I_C - I_L}{I_R} = \frac{0.4 - 1}{0.8} = -\frac{0.6}{0.8} = -\frac{3}{4} \quad \Rightarrow \quad \phi = 37°$$

$$4- \quad X_L = \frac{V}{I_L} = \frac{100}{1} = 100\Omega$$

$$X_L = 2\pi f L \quad \Rightarrow \quad 100 = 2\pi \times \frac{100}{\pi} L \quad \Rightarrow \quad L = \frac{1}{2} = 0.5H$$

**س5/** مصدر للفولطية المتناوبة تردده الزاوي (400rad/s) وفرق الجهد بين قطبيه (500V) ربط بين قطبيه على التوالي متسعة سعتها (10μF) وملف معامل حثه الذاتي (0.125H) ومقاومته (150Ω) ما مقدار:

1- الممانعة الكلية وتيار الدائرة .
2- فرق الجهد عبر كل من المقاومة والمحث والمتسعة .
3- زاوية فرق الطور بين المتجه الطوري للفولطية الكلية والمتجه الطوري للتيار
4- عامل القدرة ، ما هي خصائص هذه الدائرة .

**الحل**

$$X_L = \omega L = 400 \times 0.125 = 50\Omega \quad , \quad X_C = \frac{1}{\omega C} = \frac{1}{400 \times 10 \times 10^{-6}} = \frac{1000}{4} = 250\Omega$$

$$1- \quad Z^2 = R^2 + (X_L - X_C)^2 = (150)^2 + (50 - 250)^2 = 22500 + 40000 = 62500$$

$$\therefore Z = 250\Omega \quad , \quad I = \frac{V_T}{Z} = \frac{500}{250} = 2A$$

$$2- \quad V_R = IR = 2 \times 150 = 300V \quad , \quad V_L = IX_L = 2 \times 50 = 100V \quad , \quad V_C = IX_C = 2 \times 250 = 500V$$

$$3- \quad \tan\phi = \frac{X_L - X_C}{R} = \frac{50 - 250}{150} = \frac{-200}{150} = -\frac{4}{3} \quad \Rightarrow \quad \phi = -53°$$

$4- \quad pf = \cos\phi = \frac{R}{Z} = \frac{150}{250} = \frac{3}{5} = 0.6$ ، خصائص الدائرة سعوية

**س6/** دائرة تيار متناوب متوالية الربط الحمل فيها ملف مقاومته $(500\Omega)$ ومتسعة متغيرة السعة عندما كان مقدار سعتها $(50nF)$ ومصدر للفولطية المتناوبة مقدارها $(400V)$ بتردد زاوي $(10^4\ rad/s)$ ، كانت القدرة الحقيقية في هذه الدائرة تساوي القدرة الظاهرية (المجهزة) ، احسب مقدار:

1- معامل الحث الذاتي للملف وتيار الدائرة .
2- كل من رادة الحث ورادة السعة .
3- زاوية فرق الطور بين متجه الطور للفولطية الكلية ومتجه الطور للتيار وما مقدار عامل القدرة .
4- عامل النوعية للدائرة .
5- سعة المتسعة التي تجعل متجه الطور للفولطية الكلية يتأخر عن متجه الطور للتيار بزاوية فرق طور $(\frac{\pi}{4})$

**الحل**

$$1-\ \because\ P_{real}=P_{app}$$

$\therefore$ الدائرة رنين

$$\omega_r=\frac{1}{\sqrt{LC}}\ \Rightarrow\ 10^4=\frac{1}{\sqrt{L\times50\times10^{-9}}}\ \Rightarrow\ (10^4)^2=\frac{1}{L\times5\times10^{-8}}$$

$$10^8\times L\times5\times10^{-8}=1\ \Rightarrow\ 5L=1\ \Rightarrow\ L=\frac{1}{5}=0.2H$$

$$2-\ X_L=\omega L=10^4\times0.2=2000\Omega\ ,\ X_C=\frac{1}{\omega C}=\frac{1}{10^4\times50\times10^{-9}}=\frac{10000}{5}=2000\Omega$$

$$3-\ \tan\phi=\frac{X_L-X_C}{R}=\frac{2000-2000}{500}=0\ \Rightarrow\ \phi=0\ ,\ pf=\cos\phi=\cos0=1$$

$$Qf=\frac{1}{R}\sqrt{\frac{L}{C}}=\frac{1}{500}\sqrt{\frac{0.2}{50\times10^{-9}}}=\frac{1}{500}\sqrt{0.4\times10^7}=\frac{2000}{500}=4$$

$$\tan\phi=\frac{X_L-X_C}{R}\ \Rightarrow\ \tan(-\frac{\pi}{4})=\frac{2000-X_C}{500}\ \Rightarrow\ -1=\frac{2000-X_C}{500}$$

$$-500=2000-X_C\ \Rightarrow\ X_C=2000+500=2500\Omega$$

$$X_C=\frac{1}{\omega C}\ \Rightarrow\ 2500=\frac{1}{10^4\times C}\ \Rightarrow\ 25\times10^6C=1\ \Rightarrow\ C=\frac{1}{25}\times10^{-6}=4\times10^{-8}F$$

## حلول فكر (الفصل الثالث : التيار المتناوب)

**فكر/ ص96**

ما قياس زاوية الطور $(\omega t)$ لكل من متجه الطور للفولطية $(V_m)$ ومتجه الطور للتيار $(I_m)$ في الحالة التي تكون عندها $V_R=V_m$ وكذلك $I_R=I_m$ ؟ وضح ذلك .

**الجواب/**

عندما $V_R=V_m$ وكذلك $I_R=I_m$ فان زاوية الطور تساوي $90^o$ $(\omega t=90^\circ)$ وفقا لمعادلات الفولطية والتيار وكما يلي :

$$V_R = V_m \sin(\omega t) \Rightarrow \sin(\omega t) = \frac{V_R}{V_m} = 1 \Rightarrow \omega t = 90°$$

$$I_R = I_m \sin(\omega t) \Rightarrow \sin(\omega t) = \frac{I_R}{I_m} = 1 \Rightarrow \omega t = 90°$$

**فكر/ ص98**

يقول زميلك (ان التيار المؤثر يتذبذب كالدالة الجيبية) . ما رايك في صحة ما قاله زميلك ؟ واذا كانت العبارة خاطئة كيف تصحح قوله ؟

**الجواب/**

العبارة خاطئة . لان المقدار المؤثر للتيار المتناوب هو مقدار التيار المتناوب المساوي للتيار المستمر الذي لو انساب خلال مقاومة معينة فانه يولد التاثير الحراري نفسه الذي يولده التيار المتناوب المناسب خلال المقاومة نفسها وللفترة الزمنية نفسها.

## واجبات الفصل

**مثال/1** دائرة تيار متناوب فولطيتها تعطى بالعلاقة التالية :$(V_R=565.6\sin 200t)$ وحملها مقاومة اومية صرف مقدارها $200\Omega$ احسب :

1- المقدار المؤثر للفولطية 2- تردد المصدر 3- معادلة التيار 4- القدرة المستهلكة في المقاومة

ج/ $(400V \;,\; \frac{100}{\pi}Hz \;,\; 800W)$

**مثال/2** ربط محث معامل حثه الذاتي (0.4H) بين قطبي مصدر للفولطية المتناوبة فرق الجهد بين طرفيه (80V) . احسب مقدار رادة الحث ومقدار التيار في هذه الدائرة . اذا كان التردد : (1) $(\frac{25}{\pi}Hz)$ (2) $(\frac{50}{\pi}Hz)$

ج/ $(20\Omega , 0.25A , 40\Omega , 0.5A)$

**مثال/3** ربطت متسعة ذات سعة صرف مقدار سعتها $(\frac{100}{\pi}\mu F)$ بين قطبي مصدر للفولطية المتناوبة فرق الجهد بين طرفيه (25V) . احسب مقدار رادة السعة ومقدار التيار في هذه الدائرة . اذا كان تردد الدائرة :

(a) (50Hz) (b) (100Hz)

ج/ $(100\Omega \;,\; 0.25\,A, 50\Omega, 0.5A)$

**مثال/4** مذبذب كهربائي مقدار فرق الجهد بين طرفيه ثابت (1.5V) . احسب مقدار كل من ممانعة الدائرة وتيار الدائرة عندما يربط بين طرفي المذبذب :

اولا : متسعة ذات سعة صرف مقدارها $(\frac{1}{\pi}\mu F)$ اذا كان التردد : (1) (1Hz) (2) (1MHz)

ثانيا : محث صرف معامل حثه الذاتي $(\frac{50}{\pi}mF)$ اذا كان التردد : (1) (1Hz) (2) (1MHz)

ج/ $(5\times10^5\Omega , 3\times10^{-6}A , 0.5\Omega , 3A , 0.1\Omega , 15A , 10^5\Omega , 15\times10^{-6}A)$

**مثال/5** ربط ملف مقاومته ($40\Omega$) إلى مصدر للتيار المتناوب فولطيته ($100V$) وتردده ($60Hz$) وكان تيار الدائرة ($2A$) احسب :
1- معامل الحث الذاتي للملف 2- زاوية فرق الطور بين متجه الطور للفولطية الكلية ومتجه الطور للتيار .
3- كل من القدرة الحقيقية والقدرة الظاهرية .

ج/ $(\frac{1}{4\pi}H\ ,\ 37^{\circ}\ ,160W\ ,\ \ 200VA)$

**مثال/6** ربطت مقاومة صرف على التوالي مع محث صرف وربطت المجموعة إلى مصدر للتيار المتناوب فولطيته ($100V$) بتردد ($60Hz$) فإذا كان تيار الدائرة ($5A$) وكانت فولطية المقاومة ($80V$) احسب مقدار:
1- القدرة المستهلكة على طرفي المقاومة 2- معامل الحث الذاتي 3- عامل القدرة

ج/ $(400W\ ,\ \frac{1}{10\pi}H\ ,\ \ 0.8\ )$

**مثال/7** ربط ملف الى بطارية فرق الجهد بين قطبيها ($16V$) وعندما بلغ التيار مقداره الثابت ($4A$) كانت الطاقة المغناطيسية المختزنة في الملف ($0.12J$) . فاذا فصل الملف عن البطارية وربط بين قطبي مصدر للفولطية المتناوبة تردده $(100/\pi)Hz$ كان تيار هذه الدائرة ($2A$) احسب :
1- فرق الجهد بين قطبي المصدر المتناوب . 2- عامل القدرة .
3- ارسم مخطط الممانعة ثم احسب زاوية فرق الطور بين متجه الطور للفولطية الكلية والتيار.
4- القدرة الحقيقية والقدرة الظاهرية .

ج/ $(10V\ ,\ 0.8\ ,\ 37^{o}\ ,\ 16watt\ ,\ 20VA)$

**مثال/8** متسعة ذات سعة صرف ومقاومة صرف موصولتان على التوالي بطرفي مصدر للفولطية المتناوبة فإذا كانت ممانعة الدائرة ($25\Omega$) والقدرة المجهزة للحمل ($240w$) وفولطية المقاومة ($60V$) جد:
1- تيار الدائرة 2- فولطية المصدر 3- مقدار المقاومة 4- الرادة السعوية 5- عامل القدرة

ج/ $(4A\ ,\ 100V\ ,\ 15\Omega\ ,\ 20\Omega\ ,\ 0.6)$

**مثال/9** متسعة ذات سعة صرف مقدارها ($1mF$) ربطت على التوالي مع مقاومة صرف وربطت المجموعة الى مصدر للفولطية المتناوبة فرق الجهد بين قطبيه ($200V$) وتردده الزاوي ($100rad/sec$) فاذا كان متجه الطور للفولطية يتاخر عن متجه الطور للتيار بزاوية فرق طور ($45^{o}$) فما مقدار :
1- تيار الدائرة . 2- عامل القدرة . 3- القدرة الحقيقية والقدرة الظاهرية .

ج/ $(10\sqrt{2}\ A\ ,\ \frac{1}{\sqrt{2}}\ ,\ \ 2000watt\ \ ,\ \ 2000\sqrt{2}\ VA)$

**مثال/10** دائرة تيار متناوب تحتوي متسعة ذات سعة صرف ومقاومة صرف مربوطتين على التوالي ربطت المجموعة عبر قطبي مصدر فولطية متناوبة مقدارها ($110V$) بتردد ($50Hz$) فأصبح تيار الدائرة ($4.4A$) فإذا كان مقدار مقاومة الدائرة ($15\Omega$) فما مقدار:
1- سعة المتسعة 2- فرق الجهد عبر كل من المقاومة والمتسعة 3- قياس زاوية فرق الطور بين الفولطية والتيار

ج/ $(\frac{500}{\pi}\mu F\ ,\ 66V\ ,\ 88V\ ,\ -53^{\circ})$

**مثال/11** دائرة تيار متناوب تحتوي محث صرف ومقاومة صرف ومتسعة ذات سعة صرف مربوطة على التوالي فإذا كان فرق الجهد عبر المحث ($80V$) وعبر المقاومة ($40V$) وعبر المتسعة ($50V$) وكان تيار الدائرة ($2A$) احسب :
1- الفولطية الكلية الموضوعة على الدائرة 2- زاوية فرق الطور بين الفولطية الكلية والتيار وخواص الدائرة
3- عامل القدرة 4- القدرة الحقيقية 5- المقاومة والممانعة الكلية للدائرة 6- ارسم مخطط الفولطية

ج/ $(50V\ ,\ 37^{o}\ ,\ 0.8\ ,\ 80W\ ,\ 20\Omega\ ,\ 25\Omega)$

**مثال/12** دائرة تيار متناوب متوالية الربط تحتوي على ملف مقاومته $(30\Omega)$ ومتسعة ذات سعة صرف ومصدر للفولطية المتناوبة فرق الجهد بين قطبيه $(200V)$ وكانت رادة الحث $(55\Omega)$ ورادة السعة $(15\Omega)$ احسب:
1- الممانعة الكلية وتيار الدائرة.
2- زاوية فرق الطور بين متجه الطور للفولطية الكلية ومتجه الطور للتيار. ارسم المخطط الطوري للممانعة .
3- عامل القدرة وما هي خصائص الدائرة؟
4- كل من القدرة الحقيقية والقدرة الظاهرية.
ج/ $(50\Omega , 4V , 53° ,0.6 , 120watt , 800VA)$

**مثال/13** مصدر للفولطية المتناوبة تردده الزاوي $(40\pi rad/s)$ وفرق الجهد بين قطبيه $(100V)$ ربط بين قطبيه على التوالي متسعة ذات سعة صرف مقدارها $(\frac{125}{\pi}\times10^{-5}\mu F)$ وملف معامل حثه الذاتي $(\frac{2}{\pi}H)$ ومقاومته $(80\Omega)$ ما مقدار :
1- الممانعة الكلية وتيار الدائرة . 2- فرق الجهد عبر كل من المقاومة والمحث والمتسعة.
3- زاوية فرق الطور بين متجه الطور للفولطية الكلية ومتجه الطور للتيار . وما هي خصائص هذه الدائرة؟
4- عامل القدرة.
ج/ $(100\Omega , 1A , 80V , 80V , 20V , 37° , 0.8)$

**مثال/14** دائرة تيار متناوب متوالية الربط تحتوي على مقاومة صرف مقدارها $(400\Omega)$ ومحث صرف معامل حثه الذاتي $(0.4H)$ ومتسعة ذات سعة صرف ومصدر للفولطية المتناوبة فرق الجهد بين طرفيه $(100V)$ وتردده $(\frac{500}{\pi}Hz)$ كان مقدار عامل القدرة فيها $(0.8)$ وللدائرة خصائص حثية . احسب مقدار :
1- التيار في الدائرة 2- سعة المتسعة
3- ارسم مخطط الممانعة واحسب قياس زاوية فرق الطور بين متجه الطور للفولطية الكلية ومتجه الطور للتيار.
ج/ $(0.2A , 10^{-5}F , 37°)$

**مثال/15** دائرة تيار متناوب متوالية الربط تحتوي ملف مقاومته $(10\Omega)$ ومعامل حثه الذاتي $(0.4H)$ ومقاومة صرف مقدارها $(20\Omega)$ ومتسعة ذات سعة صرف ومصدرا للفولطية المتناوبة تردده $(\frac{50}{\pi}Hz)$ وفرق الجهد بين طرفيه $(200V)$ كان مقدار عامل القدرة فيها $(0.6)$ وللدائرة خواص سعوية . احسب مقدار:
1- التيار في الدائرة .
2- سعة المتسعة .
3- ارسم مخطط الممانعة واحسب قياس زاوية فرق الطور بين متجه الطور للفولطية الكلية ومتجه الطور للتيار .
ج/ $(4A , 0.125\times10^{-3}F , 53°)$

**مثال/16** دائرة تيار متناوب متوازية الربط تحتوي على مقاومة صرف ومتسعة ذات سعة صرف ومحث صرف ومصدر للفولطية المتناوبة بتردد $(\frac{50}{\pi}Hz)$ وفرق الجهد بين طرفيه $(180V)$ وكان تيار المقاومة $(4A)$ وتيار السعة $(9A)$ وتيار المحث $(12A)$، احسب :
1 - تيار الدائرة الرئيس والممانعة الكلية للدائرة. 2 - المقاومة ورادة الحث ورادة السعة.
3 - زاوية فرق الطور بين متجه الطور للتيار الكلي ومتجه الطور للفولطية ثم ارسم المخطط الطوري للتيارات .
4 - عامل القدرة . ما هي خواص الدائرة ؟ 5 - معامل الحث الذاتي للمحث وسعة المتسعة.
6 - القدرة الحقيقية والقدرة الظاهرية . 7- اكتب المعادلات الطورية للتيار والفولطية .
ج/ $(5A , 36\Omega , 45\Omega , 15\Omega , 20\Omega , - 37° , 0.8 , 0.15H , 5\times10^{-4}F , 72W , 900VA)$

**مثال/17** دائرة تيار متناوب متوازية الربط تحتوي على مقاومة صرف مقدارها $(40\Omega)$ ومحث صرف رادة الحث له $(20\Omega)$ ومتسعة ذات سعة صرف رادة السعة لها $(60\Omega)$ فإذا كانت فولطية المصدر $(120V)$ احسب :
1- التيار المناسب في كل فرع من فروع الدائرة .
2- التيار الرئيس المناسب في الدائرة مع رسم مخطط متجهات الطور للتيارات.
3- الممانعة الكلية في الدائرة .
4- زاوية فرق الطور بين متجه الطور للتيار الكلي ومتجه الطور للفولطية . وما هي خصائص هذه الدائرة؟
5- عامل القدرة . 6- كل من القدرة الحقيقية والقدرة الظاهرية.
ج/ $(3A, 2A, 6A, 5A, 24\Omega, 53°, 0.6, 360W, 600VA)$

**مثال/18** دائرة تيار متناوب متوازية الربط تحتوي ملف مهمل المقاومة معامل حثه الذاتي $(\frac{1}{2\pi}H)$ ومقاومة مقدارها $(25\Omega)$ ومتسعة رادة السعة لها $(20\Omega)$ ومصدر للفولطية المتناوبة فرق الجهد بين طرفيه $100V$ وتردده $50Hz$ احسب:
1- التيار المناسب في كل فرع من فروع الدائرة والتيار الكلي.
2- الممانعة الكلية للدائرة. 3- قياس زاوية فرق الطور بين متجه الطور للتيار الكلي ومتجه الطور للفولطية.
4- عامل القدرة . وما هي خصائص الدائرة؟
5- كل من القدرة الحقيقية والقدرة الظاهرية .
ج/ $(4A , 2A , 5A , 5A , 20\Omega , 37° , 0.8 , 400w , 500VA)$

**مثال/19** دائرة تيار متناوب متوازية الربط تحتوي (مقاومة صرف ومحث صرف ومتسعة ذات سعة صرف) ومصدرا للفولطية المتناوبة مقدار فرق الجهد بين طرفيه $(240V)$ بتردد $(100Hz)$ وكان مقدار القدرة الحقيقية المستهلكة في الدائرة $(960W)$ ومقدار رادة السعة $(32\Omega)$ ومقدار رادة الحث $(40\Omega)$ ، ما مقدار:
1- التيار المناسب في كل من فرع المقاومة وفي فرع المتسعة وفي فرع المحث والتيار الرئيس في الدائرة .
2- ارسم المخطط ألاتجاهي للمتجه الطوري للتيارات .
3- قياس زاوية فرق الطور بين متجه الطور للتيار الرئيس ومتجه الطور للفولطية . وما هي خواص هذه الدائرة .
4- عامل القدرة في الدائرة .
5- الممانعة الكلية في الدائرة . ج/ $(4A , 15A , 12A , 5A\ 37° , 0.8 , 48\Omega)$ .

**مثال/20** دائرة تيار متناوب متوازية الربط تحتوي مقاومة صرف ومتسعة ذات سعة صرف ومحث صرف معامل الحث الذاتي له $(0.15H)$ ومصدرا للفولطية المتناوبة تردده $(\frac{100}{\pi}Hz)$ وفرق الجهد بين طرفيه $(120V)$ ، كانت القدرة الحقيقية في الدائرة $(720W)$ وعامل القدرة فيها $(0.6)$ وللدائرة خصائص سعوية . احسب مقدار :1- التيار في فرع المقاومة والتيار في فرع المحث. 2- التيار الكلي.
3- قياس زاوية فرق الطور بين متجه الطور للتيار الكلي ومتجه الطور للفولطية . ارسم مخطط المتجهات الطورية للتيارات .
4- سعة المتسعة. ج/ $(6A , 4A , 10A , 53° , 5\times10^{-4}F)$

**مثال/21** دائرة تيار متناوب متوازية الربط تحتوي محث صرف ومتسعة ذات سعة صرف مقدار رادة السعة لها $(90\Omega)$ ومقاومة صرف مقدارها $(30\Omega)$ ومصدر للفولطية المتناوبة تردده الزاوي $(100rad/sec)$ فكانت القدرة المستهلكة في الدائرة $(1080w)$ وعامل القدرة فيها $(0.6)$ وكانت خواص الدائرة حثية احسب :
1- التيار المار في كل فرع من فروع الدائرة والتيار الكلي .
2- قياس زاوية فرق الطور بين متجه الطور للتيار الكلي ومتجه الطور للفولطية . ارسم مخطط المتجهات الطورية للتيارات .
3- معامل الحث الذاتي للمحث . 4- الممانعة الكلية للدائرة.
ج/ $(6A , 2A , 10A , 10A , 53° , 0.18H , 18\Omega)$

**مثال22/** ربطت مقاومة $60\Omega$ على التوازي مع محث صرف والمجموعة الى مصدر للفولطية المتناوبة فكان التيار الكلي $5A$ وعامل القدرة $0.8$ احسب :
1- تيار المقاومة 2- فولطية المصدر 3- رادة الحث 4- الممانعة
ج/ $(4A , 240V , 80\Omega , 48\Omega)$

**مثال23/** ربط ملف مقاومته $20\Omega$ إلى مصدر للتيار المتناوب فولطيته تعطى بالعلاقة التالية :
$V_T = 141.4 Sin(100t + 37^o)$ فاذا كان تيار الدائرة $4A$ احسب مقدار:
1- المقدار المؤثر للفولطية 2- تردد الفولطية 3- زاوية فرق الطور بين متجه الطور للفولطية ومتجه الطور للتيار
4- معامل الحث الذاتي للملف 5- القدرة المستهلكة بالدائرة 6- القدرة الظاهرية .
ج/ $(100V , \frac{50}{\pi} Hz , 37^o , 0.15H , 320W , 400VA)$

**مثال24/** دائرة تيار متناوب تحتوي على مقاومة صرف مقدارها $20\Omega$ ومتسعة ذات سعة صرف موصولين مع بعضهما على التوازي ومعادلة التيار تعطى بالعلاقة التالية : $I_{ins} = 14.14 Sin(100t + 53^o)$ احسب :
1- فولطية المصدر وتردده 2- سعة المتسعة 3- الممانعة 4- عامل القدرة 5- القدرة الحقيقية
ج/ $(120V , \frac{50}{\pi} Hz , \frac{1}{15} \times 10^{-2} F , 12\Omega , 0.6 , 720W)$

**مثال25/** ملف مقاومته $10\Omega$ ومتسعة ذات سعة صرف سعتها $50\mu F$ وضعت على الدائرة فولطية متناوبة مقدارها $100V$ على التوالي وترددها $\frac{100}{\pi} Hz$ فأصبح تيار الدائرة أعظم ما يمكن فما مقدار:
1- معامل الحث الذاتي للملف 2- الفولطية عبر المحث والمتسعة 3- عامل القدرة 4- عامل النوعية
ج/ $(0.5H , 1000V , 1000V , 1 , 10)$

**مثال26/** دائرة رنينية متوالية الربط مكونة من ملف مقاومته $10\Omega$ ومعامل حثه الذاتي $0.4H$ ومتسعة ذات سعة صرف مقدارها $(1mF)$ ومصدر للفولطية المتناوبة فرق الجهد بين قطبيه $(20V)$ احسب :
1- التردد الطبيعي للمصدر . 2- ممانعة الدائرة . 3- زاوية فرق الطور وعامل القدرة.
4- القدرة الحقيقية والقدرة الظاهرية .
ج/ $(\frac{25}{\pi} Hz , 10\Omega , 0 , 1 , 40watt , 40VA)$

**مثال27/** دائرة تيار متناوب متوالية الربط تحتوي على ملف معامل حثه الذاتي $(\frac{1}{\pi} H)$ ومقاومته $(5\Omega)$ ومتسعة مقدار سعتها $(\frac{1}{\pi} \mu F)$ فاذا وضعت على الدائرة فولطية متناوبة مقدارها $(10V)$ اصبحت الدائرة في حالة رنين ، احسب مقدار : 1- التردد الرنيني . 2- تيار الدائرة . 3- عامل القدرة . 4- القدرة الظاهرية .
5- ارسم مخطط الممانعة للدائرة الرنينية .
ج/ $(500Hz , 2A , 1 , 20VA)$

**س/ ما نوع المجال الذي تولده شحنة : (1) ساكنة (2) متحركة او معجلة .**
ج/ (1) تولد مجال كهربائي (كهروستاتيكي) . (2) يتولد مجال مغناطيسي اضافة الى المجال الكهربائي.
**س/ كيف يمكن الحصول على المجال المغناطيسي حسب ما وجد ماكسويل؟**
ج/ يمكن ذلك اما من تيار التوصيل الاعتيادي او او من مجال كهربائي متغير مع الزمن كما في حالة تغير المجال الكهربائي بين لوحي المتسعة عند شحنها او تفريغها .

**انتبه** :
**المجال الكهربائي والمغناطيسي متلازمان فاذا تغير احدهما يتولد مجالا من النوع الاخر بحيث يكون المجال المتغير يكافئ في تاثيره للمجال المتولد يكون عموديا عليه ومتفقا معه في الطور.**
**س/ ما المقصود بـ : (1) الموجات الكهرومغناطيسية (2) الطيف الكهرومغناطيسي ؟**
**ج/ (1) هي موجات مستعرضة تنتج من تعامد المجالين المغناطيسي والكهربائي ويكون كلاهما عموديا على خط انتشار الموجة بحيث تتوزع طاقة الموجة بالتساوي على المجالين.**
**(2) مدى واسع من الاطوال الموجية (الترددات) والتي بضمنها الضوء المرئي تختلف عن بعضها البعض تبعا لطريقة تولدها ومصادرها وتقنية الكشف عنها وقابلية اختراقها الاوساط .**
**س/ ما السبب الذي يجعل ترددات الطيف الكهرومغناطيسي تختلف بعضها عن بعض؟**
ج/ وذلك بسبب اختلاف 1- طريقة توليدها. 2- مصدرها. 3- تقنية كشفها. 4- اختراقها للاوساط المختلفة.
**س/ ما اهم خصائص الموجات الكهرومغناطيسية؟**
1- تنتشر في الفراغ بخطوط مستقيمة وتنعكس وتنكسر وتتداخل وتستقطب وتحيد عن مسارها.
2- تتألف من مجالين كهربائي ومغناطيسي متلازمين ومتغيرين مع الزمن وبمستويين متعامدين مع بعضهما وعموديين على خط انتشار الموجة ويتذبذبان بالطور نفسه.
3- هي موجات مستعرضة لان المجالين الكهربائي والمغناطيسي يتذبذبان عموديا على خط انتشار الموجة الكهرومغناطيسية.
4- تنتشر في الفراغ بسرعة الضوء وعند انتقالها في وسط مادي تقل سرعتها تبعا للخصائص الفيزيائية لذلك الوسط. وتتولد نتيجة تذبذب الشحنات الكهربائية ويمكن توليد بعضا منها بوساطة مولد الذبذبات.
5- تتوزع طاقة الموجة الكهرومغناطيسية بالتساوي بين المجالين الكهربائي والمغناطيسي عند انتشارها بالفراغ.

## تداخل الموجات الضوئية:

س/ اشرح نشاط يوضح مفهوم تداخل الموجات؟

**ادوات النشاط:**

جهاز حوض المويجات ، مجهز قدرة ، هزاز ، نقار ذو رأسين مدببين بمثابة مصدرين نقطيين $(s_2,s_1)$ يبعثان موجات كروية تنتشر على سطح الماء بالطول الموجي نفسه.

**خطوات النشاط:**

- نعد حوض المويجات للعمل اذ يمس طرفا النقار سطح الماء في الحوض.
- عند اشتغال الهزاز نشاهد طراز التداخل عند سطح الماء نتيجة تراكب الموجات الناتجة عن اهتزاز المصدرين النقطيين المتماثلين $(s_2,s_1)$ (لاحظ الشكل).
- من مشاهدتنا للتداخل الحاصل للموجات عند سطح الماء يتضح لنا ان هناك نوعين من التداخل هما :

1- التداخل البناء : ونحصل عليه عندما يكون للموجتين الطور نفسه والسعة نفسها عند نقطة معينة فان الموجتين تتحدان عند تلك النقطة لتقوي كل منهما الاخرى فتكون سعة الموجة الناتجة مساوية الى ضعف سعة اي من الموجتين الاصليتين اي ان التداخل في هذه الحالة ينتج عن تراكب قمتين او قعرين لموجتين ينتج عنهما تقوية.

2- التداخل الاتلاف : ويحصل عند اتحاد سلسلتين من الموجات بطورين متعاكسين وسعتين متساويتين وهو ناتج عن تراكب قمة موجة مع قعر موجة اخرى لذلك فان تاثير احداهما يمحو تاثير الاخرى اي ان سعة الموجة الناتجة تساوي صفر.

س/ ما المقصود بـ : (1) تداخل الضوء (2) الموجات المتشاكهة. (3) المسار البصري

(1) تداخل الضوء : هو ظاهرة اعادة توزيع الطاقة الضوئية الناشئة عن تراكب سلسلتين او اكثر من الموجات الضوئية المتشاكهة عند انتشارها بمستو واحد وفي وسط واحد وتتجهان نحو نقطة واحدة في ان واحد.

(2) هي الموجات التي تكون 1) متساوية في التردد. 2)متساوية (او متقاربة) في السعة. 3) فرق الطور بينها ثابت .

(3) المسار البصري : هو الازاحة التي يقطعها الضوء في الفراغ بالزمن نفسه الذي يقطعه في الوسط المادي الشفاف.

**س/ ما المبدأ الذي على اساسه يحصل تداخل موجات الضوء؟**

ج/ يتم تداخل الضوء على وفق تركب الموجات حيث تكون ازاحة الموجة المحصلة عند أي لحظة تساوي حاصل جمع ازاحتي الموجتين المتراكبتين عند اللحظة نفسها.

س/ ما هي شروط التداخل المستديم بين الموجات الضوئية؟

1- ان تكون الموجتان متشاكهتين.

2- اذا كان اهتزازهما في مستوي واحد وفي وسط واحد وتتجهان نحو نقطة واحدة وفي ان واحد.

## حساب فرق المسار البصري:

لحساب الفرق في طول المسار البصري بين موجتين ضوئيتين تنبعثان بطور واحد عن المصدرين $(s_2,s_1)$ والواصلتين إلى النقطة (P) نستخدم العلاقة الاتية:

$$\Delta\ell = \ell_2 - \ell_1$$

حيث :

$\Delta\ell$ : تمثل فرق المسار البصري بين الموجتين .

$\ell_1$ : طول المسار البصري للموجات المنبعثة من المصدر$(S_1)$ والواصلة إلى النقطة (P). او المسافة التي تقطعها الموجات من المصدر $(S_1)$ باتجاه النقطة (P) .

$\ell_2$ : طول المسار البصري للموجات المنبعثة من المصدر$(S_2)$ والواصلة إلى النقطة (P). او المسافة التي تقطعها الموجات من المصدر $(S_2)$ باتجاه النقطة (P) .

**العلاقة بين فرق الطور بين موجتين وفرق المسار البصري بينهما:**

ان فرق الطور $(\Phi)$ بين الموجتين الواصلتين إلى النقطة P يحدده فرق المسار البصري بين الموجتين على وفق العلاقة الاتية :

$$\Phi = \frac{2\pi}{\lambda}\Delta\ell$$

**كذلك يمكن حساب فرق المسار البصري بين الموجتين الضوئيتين بعد معرفة نوع التداخل الحاصل بينهما عند النقطة (P) وكالاتي :**

1) عندما يكون التداخل بناء بين الموجتين الضوئيتين المتشاكهتين والمنبعثتين من المصدرين$(S_2,S_1)$ فان فرق المسار البصري بينهما يعطى بالعلاقة الآتية:

(شرط التداخل البناء)

$$\Delta\ell = m\lambda \qquad m = 0,1,2,3.........$$

وهذا يعني ان التداخل البناء في نقطة يحصل من اتحاد سلسلتين من الموجات الضوئية المتشاكهة عندما يكون فرق المسار البصري بينهما صفر او اعداد صحيحة من طول الموجة أي ان :

$\Delta\ell = 0, 1\lambda, 2\lambda, 3\lambda......$

فيكون فرق الطور($\Phi$) بينهما يساوي صفر او اعداد زوجية من ($\pi$ rad) أي ان:

$\Phi = 0 , 2\pi , 4\pi , 6\pi , .........$ rad

2) عندما يكون التداخل اتلاف بين الموجتين الضوئيتين المتشاكهتين والمنبعثتين من المصدرين ($S_2$,$S_1$) فان فرق المسار البصري بينهما يعطى بالعلاقة الاتية:

(شرط التداخل الاتلاف)

$$\Delta\ell = (m + \frac{1}{2})\lambda \qquad m = 0,1,2,3........$$

وهذا يعني ان التداخل الاتلاف في نقطة يحصل من اتحاد سلسلتين من الموجات المتشاكهة بطورين متعاكسين عندما يكون فرق المسار البصري بينهما يساوي اعداد فردية من نصف طول موجة أي ان :

$\Delta\ell = \frac{1}{2}\lambda, \frac{3}{2}\lambda, \frac{5}{2}\lambda.......$

فيكون فرق الطور بينهما يساوي اعداد فردية من ($\pi$ rad) . أي ان :

$\Phi = \pi , 3\pi , 5\pi , .......$

س/ ما الذي يحدد فرق الطور بين موجتين ضوئيتين صادرتين عن مصدرين ضوئيين ؟

ج/ فرق المسار البصري بينهما.

**س/ ما الفرق بين التداخل البناء والتداخل الاتلاف؟**

| ت | التداخل البناء | التداخل الاتلاف |
|---|---|---|
| 1 | ناتج من تراكب قمتين او قعرين لموجتين في نقطة | ناتج من تراكب قمة موجة مع قعر موجة اخرى في نقطة |
| 2 | سعة الموجة المحصلة ضعف سعة أي من الموجتين الاصليتين. | سعة الموجة المحصلة تساوي صفر. |
| 3 | فرق المسار البصري بين الموجتين صفرا او اعدادا صحيحة من طول الموجة أي ان : $\Delta\ell = 0, 1\lambda, 2\lambda, 3\lambda,.......$ لذلك : $\Delta\ell = m\lambda$ | فرق المسار البصري بين الموجتين اعدادا فردية من نصف طول الموجة أي ان : $\Delta\ell = \frac{1}{2}\lambda, 3(\frac{1}{2}\lambda), 5(\frac{1}{2}\lambda)......$ لذلك : $\Delta\ell = (m + \frac{1}{2})\lambda$ |
| 4 | فرق الطور بين الموجتين صفر او اعداد زوجية من $\pi$ أي ان : $\Phi = 0, 2\pi, 4\pi, 6\pi,.....$ | فرق الطور بين الموجتين اعداد فردية من $\pi$ أي ان : $\Phi = \pi, 3\pi, 5\pi,.....$ |
| 5 | تظهر المنطقة مضيئة. | تظهر المنطقة مظلمة. |

**تنويه /**

كل :

$\lambda = 2\pi \quad , \quad \frac{1}{2}\lambda = \pi$

**مثال 1 (كتاب)/** في الشكل المجاور مصدران $(S_2,S_1)$ متشاكهان يبعثان موجات ذات طول موجي $(\lambda = 0.1m)$ وتتداخل الموجات الصادرة عنها عند النقطة P في ان واحد . ما نوع التداخل الناتج عند هذه النقطة عندما تقطع احدى الموجتين مسارا بصريا قدره (3.2m) والأخرى مسارا بصريا مقداره (3m).

الحل

$$\Delta\ell = \ell_2 - \ell_1 = 3.2 - 3 = 0.2m$$

الاحتمال الاول :

$$\Delta\ell = (m + \frac{1}{2})\lambda \Rightarrow 0.2 = (m + \frac{1}{2}) \times 0.1 \Rightarrow \frac{0.2}{0.1} = m + \frac{1}{2} \Rightarrow m = 1\frac{1}{2}$$

بما ان قيم m يجب ان تكون اعداد صحيحة (....0,1,2,3) لذلك فالناتج لا يحقق شرط التداخل الاتلاف.

الاحتمال الثاني :

$$\Delta\ell = m\lambda \Rightarrow 0.2 = m \times 0.1 \Rightarrow m = \frac{0.2}{0.1} = 2$$

بما ان m عدد صحيح لذلك يكون التداخل بناء.

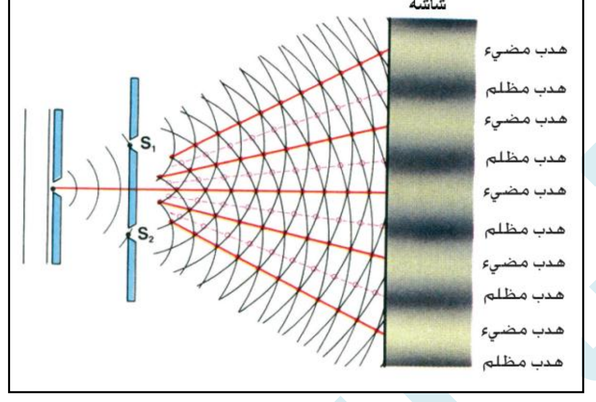
س/ وضح ماذا يحدث اذا كان فرق المسار البصري بين موجتين ضوئيتين متشاكهتين متراكبتين يساوي
1- اعداد صحيحة من طول الموجة 2- اعداد فردية من نصف طول الموجة 3- صفر

ج/ 1- تداخل بناء (هدب مضيئة) 2- تداخل اتلاف (هدب مظلمة) 3- تداخل بناء (هداب مركزي مضيء)

### تجربة شقي يونك:

س/ اشرح نشاطا توضح فيه تجربة شقي يونك مبينا كيفية حساب الطول الموجي للضوء المستعمل .

ج/ استعمل يونك في تجربته حاجزا ذا شق ضيق اضيء بضوء احادي اللون ومن ثم يسقط الضوء على حاجزا اخر موضوع امام الحاجز الاول يحتوي على شقين متماثلين ضيقين يسميان بالشق المزدوج يقعان على بعدين متساويين عن شق الحاجز الأول ثم وضع على بعد بضعة أمتار منهما شاشة




تجربة شقي يونك

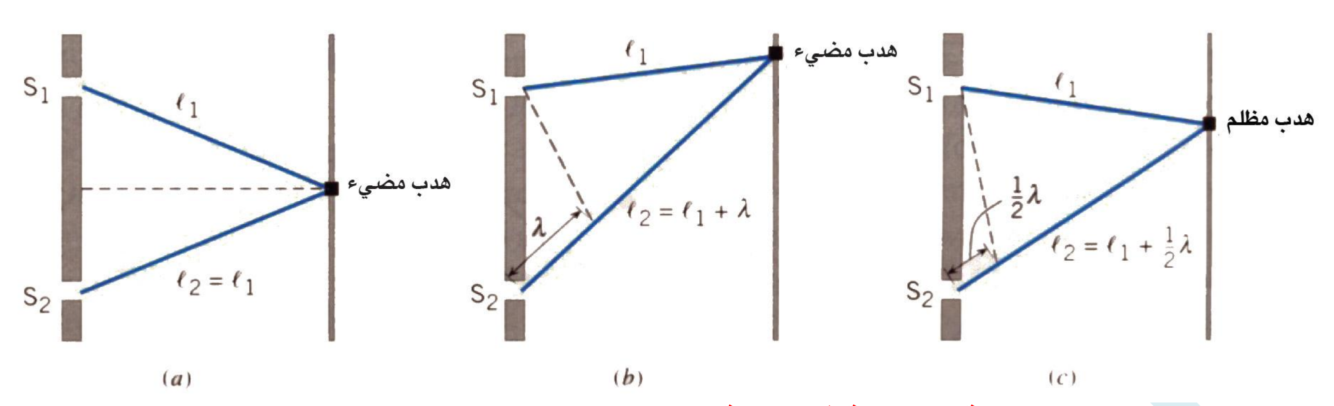
**الاستنتاج :**

ظهور مناطق مضيئة واخرى معتمة (مظلمة) على الشاشة وعلى التعاقب سميت بهُدب التداخل.

**لحساب الطول الموجي للضوء المستعمل نطبق العلاقة :**

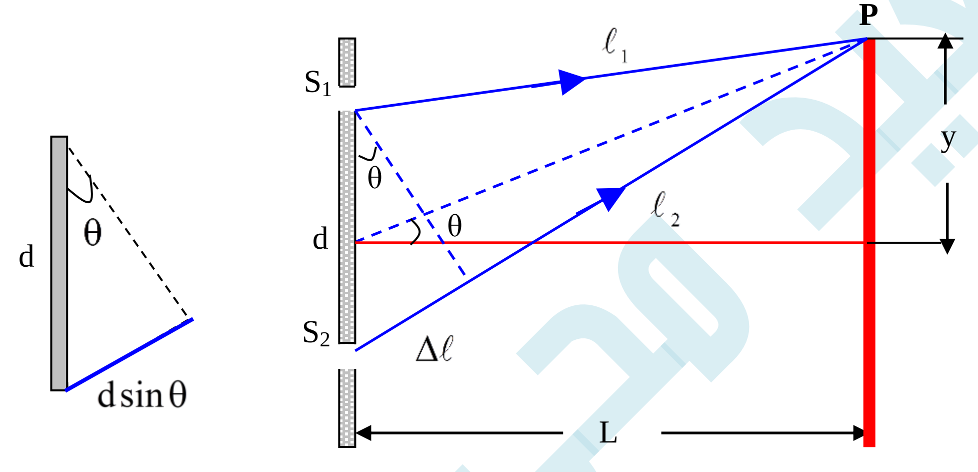
$$\lambda = \frac{y_m d}{m L}$$

**لاحظ الإشكال أدناه والتي توضح كيفية تكون الهدب المضيئة او المظلمة في نقطة على الشاشة في تجربة يونك من خلال الفرق في طول المسار البصري $(\Delta\ell)$ للموجتين للوصول إلى تلك النقطة.**




**س/ كيف تتكون الهُدب المضيئة والمظلمة في تجربة يونك؟**

ج/ ان كل من الشقين $(S_2,S_1)$ المضاءين بضوء احادي اللون هما مصدران ضوئيان متشاكهان والموجات الصادرة عنهما يكون فرق الطور فيها ثابتا في الازمان جميعها . لذا فهي موجات متشاكهة ، وان نوع تداخلهما في اية نقطة يعتمد على الفرق بين طول مساريهما البصريين للوصول إلى تلك النقطة .




**من الشكل الموضح أعلاه فان البعد بين الشقين $(d)$ صغير جدا مقارنة ببعدهما عن الشاشة $(L)$ (أي ان: $d<<L$) لذا فان فرق المسار البصري بين الشعاعين الصادرين من الشقين $(S_2,S_1)$ يعطى بالعلاقة الاتية:**

أي ان

فرق المسار البصري $= d\sin\theta$

$$\Delta\ell = d\sin\theta$$

ولكن شرط التداخل البناء هو

$$\Delta\ell = m\lambda$$

لذلك فان شرط التداخل البناء للحصول على هدب مضيئة هو

$$d\sin\theta = m\lambda$$

(للهُدب المضيئة)

وبما ان شرط التداخل الاتلاف هو

$$\Delta\ell = (m+\frac{1}{2})\lambda$$

لذلك فان شرط التداخل الاتلاف للحصول على هدب معتمة هو

$$d\sin\theta = (m + \frac{1}{2})\lambda$$ (للهُدب المظلمة)

m : عدد صحيح

$$m = 0, \pm 1, \pm 2, \pm 3, ........$$

**اما لحساب بعد مركز الهدب المضيء او المظلم عن مركز الهدب المركزي المضيء يمكن استخدام العلاقة الاتية:**

$$\tan\theta = \frac{y}{L}$$

حيث:
$\theta$ : زاوية الحيود او زاوية الانحراف.
y : بعد مركز الهدب المضيء او المظلم عن مركز الهدب المركزي المضيء.
L : بعد الشاشة عن حاجز الشقين.
وبما ان زاوية الحيود $\theta$ صغيرة فان :

$$\tan\theta \cong \sin\theta \quad \Rightarrow \quad y = L\tan\theta \cong L\sin\theta$$

**لذلك يمكن ايجاد بعد (او موقع) الهدب المضيء او المظلم ذو الرتبة m عن الهدب المركزي وفقا للعلاقات الآتية:**

$$y_m = \frac{m\lambda L}{d}$$ (للهُدب المضيئة)

$$m = 0, \pm 1, \pm 2, \pm 3, ........$$

$$y_m = \frac{(m + \frac{1}{2})\lambda L}{d}$$ (للهُدب المظلمة)

حيث :
$y_m$ : بعد او موقع الهدب المضيء او المظلم الذي رتبته (m) عن الهدب المركزي المضيء.
$\lambda$ : طول موجة الضوء الاحادي اللون المستعمل.
L : بعد الشاشة عن حاجز الشقين.
d : البعد بين الشقين.
m : رتبة الهدب المضيء او المظلم .

س/ ما المقصود بـ : (1) الهداب المركزي (2) هدب التداخل
ج/ (1) الهداب المركزي : هو الهدب المضيء الاوسط المقابل إلى منتصف المسافة بين الشقين.
(2) هدب التداخل : هي مناطق مضيئة تتخللها مناطق معتمة وعلى التعاقب تظهر على الشاشة .

## انتبه/

**رتبة الهدب المضيء (m) تطابق الرقم المعطى في السؤال ، بينما رتبة الهدب المعتم تنقص بمقدار واحد عن الرقم المعطى في السؤال.**

**مثلا : $(m=0)$ للهدب المركزي المضيء ، $(m=1)$ للمضيء الاول ، $(m=2)$ للهدب المضيء الثاني وهكذا**
**بينما $(m=0)$ للهدب المعتم الاول ، $(m=1)$ للهدب المعتم الثاني وهكذا.**
**اما الفواصل بين الهدب المتجاورة (المضيئة او المظلمة) فتسمى فاصلة الهدب ويرمز لها $(\Delta y)$ وتعطى وفقا للعلاقة الاتية :**

$$\Delta y = \frac{\lambda L}{d}$$

حيث $(\Delta y)$ فاصلة الهدب او البعد بين هدب التداخل او البعد بين هدبين متتاليين (مضيئين او معتمين).
س/ علامَ تعتمد فاصلة الهدب (البعد بين هدبين متتاليين) في تجربة يونك؟
ج/ تعتمد على :
1- الطول الموجي للضوء الاحادي اللون المستعمل(علاقة طردية).
2- بعد الشاشة عن حاجز الشقين (علاقة طردية).
3- البعد بين الشقين (علاقة عكسية).

**س/ في تجربة يونك اشتق علاقة لحساب الفاصلة بين هدب التداخل .**
ج/

$$\Delta y = y_{m+1} - y_m = \frac{(m+1)\lambda L}{d} - \frac{m\lambda L}{d} = \frac{\lambda L}{d}(m+1-m) = \frac{\lambda L}{d}$$

or

$$\Delta y = y_{m+\frac{3}{2}} - y_{m+\frac{1}{2}} = \frac{(m+\frac{3}{2})\lambda L}{d} - \frac{(m+\frac{1}{2})\lambda L}{d} = \frac{\lambda L}{d}[(m+\frac{3}{2})-(m+\frac{1}{2})]$$

$$\Delta y = \frac{\lambda L}{d}(m+\frac{3}{2}-m-\frac{1}{2}) = \frac{\lambda L}{d}$$

**س/ ما السبب في حصول الهدب المضيئة والهدب المظلمة في تجربة يونك ؟**
ج/ بسبب حيود وتداخل موجات الضوء معا والصادرة عن الشق المزدوج في التجربة.
**س/ علامَ يعتمد نوع التداخل في تجربة شقي يونك؟**
ج/ يعتمد على فرق المسار البصري بين الموجتين المتداخلتين.
**س/ في تجربة يونك اشتق علاقة لحساب مواقع الهدب المضيئة على الشاشة عن المركز .**
ج/

$$\Delta \ell = m\lambda$$

$$\Delta \ell = d\sin\theta \quad \Rightarrow \quad m\lambda = d\sin\theta$$

$$\because \ \sin\theta = \tan\theta \quad \Rightarrow \quad \sin\theta = \frac{y}{L} \qquad (\tan\theta = \frac{y}{L})$$

$$\therefore \ m\lambda = d.\frac{y}{L} \quad \Rightarrow \quad y = \frac{mL\lambda}{d}$$

**س/ في تجربة يونك اشتق علاقة لحساب مواقع الهدب المعتمة على الشاشة عن المركز .**

ج/

$$\Delta\ell = (m + \frac{1}{2})\lambda$$

$$\Delta\ell = d\sin\theta \quad \Rightarrow \quad (m + \frac{1}{2})\lambda = d\sin\theta$$

$$\because \quad \sin\theta = \tan\theta \quad \Rightarrow \quad \sin\theta = \frac{y}{L} \qquad (\tan\theta = \frac{y}{L})$$

$$\therefore \quad (m + \frac{1}{2})\lambda = d.\frac{y}{L} \quad \Rightarrow \quad y = \frac{(m + \frac{1}{2})L\lambda}{d}$$

س/ ما الغرض من تجربة يونك؟

ج/ 1- قياس طول موجة الضوء المستعمل بالتجربة . 2- لاثبات الطبيعة الموجية للضوء.

س/ لو استعمل الضوء الابيض في تجربة يونك ، كيف يظهر لون الهداب المركزي المضيء ؟ وكيف تظهر بقية الهدب المضيئة على جانبي الهداب المركزي المضيء ؟

ج/ يظهر الهدب المركزي بلون ابيض وعلى كل من جانبيه تظهر اطياف مستمرة للضوء الابيض يتدرج كل طيف من اللون البنفسجي إلى اللون الاحمر.

س/ لماذا عند استعمالاك لضوء احمر في تجربة شقي يونك تشاهد ان المسافات بين هدب التداخل اكبر مما هي عليه في حال استعمال الضوء الازرق؟

ج/ لان الطول الموجي للضوء الاحمر اكبر من الطول الموجي للضوء الازرق وان المسافات بين هدب التداخل تتناسب طرديا مع الطول الموجي.

س/ ما السبب في حصول الهدب المضيئة والمظلمة في تجربة يونك ؟

ج/ حيود وتداخل موجات الضوء معا والصادرة عن الشق المزدوج في التجربة.

س/ علامَ يعتمد نوع التداخل في تجربة شقي يونك ؟

ج/ يعتمد على فرق المسار البصري بين الموجتين المتداخلتين.

س/ لماذا يكون الهدب المركزي مضيء دائما في تجربة شقي يونك؟

ج/ لان فرق المسار البصري بين الموجتين الصادرتين من الشقين يساوي صفر فيكون التداخل بناء.

س/ ما التغير الذي يحصل في فاصلة الهدب في تجربة شقي يونك عندما يقل البعد بين الشقين ؟ وضح ذلك .

ج/ تزداد فاصلة الهدب لانها تتناسب عكسيا مع البعد بين الشقين وفقا للعلاقة الاتية : $\Delta y = \frac{L\lambda}{d}$

س/ بين ماذا يحدث للمسافة بين هدب التداخل عند زيادة البعد بين الشاشة وحاجز الشقين في تجربة شقي يونك؟

ج/ تزداد المسافة بين هدب التداخل عند زيادة البعد بين الشاشة وحاجز الشقين لان العلاقة بينهما طردية.

س/ ماذا يحصل اذا استعمل ضوء مركب في تجربة يونك؟

ج/ يظهر الهدب المركزي بلون الضوء الساقط (مركب) وعلى جانبيه تتكون مجموعة من الهدب لكل طول موجي من مكونات ذلك الضوء.

س/ علام يدل تكون هدب ملونة في تجربة شقي يونك؟

ج/ يدل على ان الضوء الساقط على الشقين هو ضوءا مركبا او ابيض.

**مثال2(كتاب)/** اذا كان البعد بين شقي تجربة يونك يساوي 0.2mm وبعد الشاشة عنهما يساوي 1m . وكان البعد بين الهدب الثالث المضيء عن الهدب المركزي يساوي 9.49mm . احسب طول موجة الضوء المستعمل في هذه التجربة؟

الحل

$$d = 0.2mm = 0.2\times10^{-3} = 2\times10^{-4}m \quad , \quad y_m = 9.49mm = 949\times10^{-5}m$$

$$\lambda = \frac{y_m d}{mL} = \frac{949\times10^{-5}\times2\times10^{-4}}{3\times1} = \frac{1898}{3}\times10^{-9} = 633\times10^{-9}m$$

**مثال3(كتاب)/** في الشكل المجاور استعمل ضوء احمر طوله الموجي (λ=664nm) في تجربة يونك وكان البعد بين الشقين ($d=1.2\times10^{-4}m$) وبعد الشاشة عن الشقين (L=2.75m) جد المسافة y على الشاشة بين الهدب المضيء ذي المرتبة الثالثة ومركز الهدب المركزي.

الحل

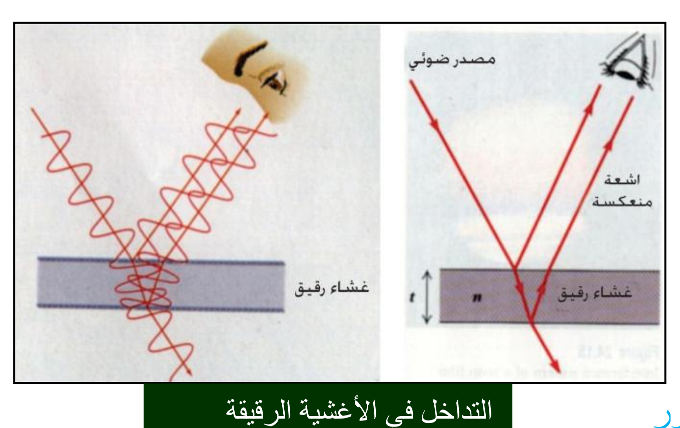
$$\lambda = 664nm = 664\times10^{-9}m$$

$$y = \frac{mL\lambda}{d} = \frac{3\times2.75\times664\times10^{-9}}{1.2\times10^{-4}} = 456.5\times10^{-4}m$$

## التداخل في الأغشية الرقيقة:

س/ ماذا يحصل للضوء الابيض الساقط على غشاء رقيق (مثل غشاء فقاعة الصابون)؟
ج/ نشاهد الغشاء ملون بالوان زاهية هي الوان الطيف الشمسي بسبب تداخل موجات الضوء الابيض المنعكسة عن السطح الامامي والسطح الخلفي للغشاء الرقيق.
س/ لماذا نشاهد احيانا تلون بقع الزيت الطافية على سطح الماء بالوان زاهية؟
ج/ وذلك بسبب التداخل بين موجات الضوء الابيض المنعكسة عن السطح الامامي والسطح الخلفي للغشاء الزيتي الرقيق.
س/ علامَ يعتمد نوع التداخل في الاغشية الرقيقة؟
ج/ يعتمد على :
1- **سمك الغشاء:** ان الموجات المنعكسة عن السطح الخلفي للغشاء تقطع مسارا اضافيا يعادل ضعف سمك الغشاء.
2- **انقلاب الطور:** ان الموجات المنعكسة عن السطح الامامي يحصل لها انقلاب بالطور مقداره (π rad).
س/ لماذا تعاني الموجات المنعكسة عن السطح الامامي للاغشية الرقيقة انقلابا بالطور مقداره (π rad)؟
ج/ لان كل موجة تنعكس عن سطح وسط له معامل انكسار اكبر من معامل انكسار الوسط الذي قدمت منه يحصل لها انقلابا بالطور بمقدار (180°).

س/ ماذا يحصل للضوء الساقط على غشاء رقيق (مثل غشاء فقاعة الصابون) ؟
ج/ تتداخل موجاته بعد انعكاسها عن السطح الامامي والسطح الخلفي للغشاء لذا نشاهد الغشاء ملون بالوان الطيف الشمسي.
س/ ما مقدار فرق الطور بين الموجات المنعكسة عن السطح الامامي لغشاء رقيق والموجات الساقطة عليه؟
ج/ فرق الطور يساوي 180° أي π rad .




التداخل في الأغشية الرقيقة

- لاحظ الشكل الذي يبين ان الموجات الضوئية الساقطة على الغشاء ينعكس قسم منها عن السطح الامامي للغشاء وتعاني انقلابا بالطور مقداره ($\pi$ rad) ، اما القسم الآخر من الضوء فان موجاته تنفذ في الغشاء وتعاني انكسارا وعند انعكاسها عن السطح الخلفي للغشاء الذي سمكه (t) لا تعاني انقلابا في الطور بل تقطع زيادة على ذلك مسارا بصريا يساوي ضعف السمك البصري للغشاء (2nt). فيحصل تداخل بين الموجتين المنعكستين عن السطح الامامي والخلفي للغشاء وحسب مقدار فرق الطور بينهما.

**للتعرف على نوع التداخل في الاغشية الرقيقة نستخدم العلاقة الاتية :**

$$\Delta\ell = 2nt + \frac{1}{2}\lambda$$

حيث :

$\Delta\ell$ : فرق المسار البصري بين الموجتين .

t : سمك الغشاء الخلفي .

nt : السمك البصري للغشاء .

◈ اذا كان السمك البصري للغشاء (nt) مساويا لاعداد فردية من ربع طول موجة الضوء الاحادي الساقط أي ان :

$$nt = 1\times\frac{1}{4}\lambda, 3\times\frac{1}{4}\lambda, 5\times\frac{1}{4}\lambda, 7\times\frac{1}{4}\lambda, .....$$

فان ضعف السمك البصري للغشاء سيكون اعداد فردية من انصاف طول الموجة أي ان :

$$2nt = 2\times\frac{1}{4}\lambda, 6\times\frac{1}{4}\lambda, 10\times\frac{1}{4}\lambda, 14\times\frac{1}{4}\lambda, .......$$

لذا سيكون التداخل بناء ويظهر الغشاء مضاء بلون الضوء الساقط عليه وفقا للعلاقة الآتية :

$$\Delta\ell = 2nt + \frac{1}{2}\lambda = \lambda, 2\lambda, 3\lambda, .....$$

◈ اذا كان السمك البصري للغشاء (nt) مساويا لاعداد زوجية من ربع طول موجة الضوء الاحادي الساقط أي ان:

$$nt = 2\times\frac{1}{4}\lambda, 4\times\frac{1}{4}\lambda, 6\times\frac{1}{4}\lambda, ......$$

فان ضعف السمك البصري للغشاء سيكون اعداد صحيحة الاطوال الموجية أي ان :

$$2nt = \frac{4}{4}\lambda, \frac{8}{4}\lambda, \frac{12}{4}\lambda, ......$$

لذا سيكون التداخل اتلاف ويظهر الغشاء مظلما وفقا للعلاقة التالية:

$$\Delta\ell = 2nt + \frac{1}{2}\lambda = \frac{3}{2}\lambda, \frac{5}{2}\lambda, \frac{7}{2}\lambda, .....$$

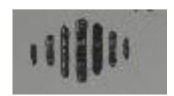
## حيود موجات الضوء

**س/ اشرح نشاطا توضح فيه ظاهرة حيود الضوء؟**

**أدوات النشاط :**

لوح زجاج ، دبوس ، دهان اسود ، مصدر ضوئي احادي اللون.

**خطوات النشاط :**



- ادهن لوح الزجاج بالدهان الأسود.
- اعمل شقا رفيعا في لوح الزجاج باستعمال رأس الدبوس.
- انظر من خلال الشق إلى المصدر الضوئي ستلاحظ مناطق مضيئة تتخللها مناطق معتمة وان المنطقة الوسطى عريضة وشديدة الإضاءة وان الهدب المضيئة تقل شدتها ويتناقص عرضها بالتدريج عند الابتعاد عن الهداب المركزي المضيء .
- ان ظهور مناطق مضيئة واخرى مظلمة على جانبي الفتحة تدل على ان الضوء يحيد عن مساره انظر الشكل.
- ان شروط الحصول على هدب معتمة او مضيئة هي كما ياتي :

الشرط اللازم للحصول على هدب معتم

$$\ell \sin\theta = m\lambda$$

الشرط اللازم للحصول على هدب مضيء

$$\ell \sin\theta = (m + \frac{1}{2})\lambda$$

حيث : $\ell$ : يمثل عرض الشق.

$\theta$: زاوية حيود الهدب المضيء او المظلم عن المستقيم المار من الشق والعمودي على الشاشة.

$$m = \pm1, \pm2, \pm3, ........$$

**تكون شدة الإضاءة للهدب على الحاجز في قيمتها العظمى عند النقطة المركزية وتقل شدة الإضاءة للهدب كلما زاد بعدها عن الصورة المركزية.**

**س/ ماذا يحصل للهدب المضيئة لنمط الحيود من شق واحد عند الابتعاد عن الهدب المركزي المضيء؟**

ج/ تقل شدتها ويتناقص عرضها بالتدريج عند الابتعاد عن الهدب المركزي المضيء.

س/ ما الشرط اللازم للحصول على هدب مضيء و هدب معتم لنمط الحيود من شق واحد ؟

ج/ الشرط اللازم للحصول على هدب معتم $d\sin\theta = m\lambda$

الشرط اللازم للحصول على هدب مضيء $d\sin\theta = (m + \frac{1}{2})\lambda$

س/ في حيود الضوء ، اثبت ان شرط تكون الهدب المضيء الاول (غير المركزي) ان يكون عرض الشق مساويا الى ( $\frac{3\lambda}{2\sin\theta}$ )

ج

$$\ell \sin\theta = (m + \frac{1}{2})\lambda \quad \Rightarrow \quad \ell = \frac{(m + \frac{1}{2})\lambda}{\sin\theta} = \frac{(1 + \frac{1}{2})\lambda}{\sin\theta} = \frac{\frac{3}{2}\lambda}{\sin\theta} = \frac{3\lambda}{2\sin\theta}$$

**محزز الحيود :** هو أداة مفيدة في دراسة الاطياف وتحليل مصادر الضوء اذ يتألف من عدد كبير من الحزوز المتوازية المتقاربة ذات الفواصل المتساوية .

س/ ما الفائدة العملية من محزز الحيود ؟
ج/ 1- دراسة الاطياف    2- تحليل مصادر الضوء
س/ كيف يمكن صنع المحزز؟
ج/ بوساطة طبع حزوز على لوح زجاجي في ماكنة تسطير بالغة الدقة . وان الفواصل بين الحزوز تكون شفافة اذ تقوم بعمل الشقوق الضيقة جدا.
**ثابت المحزز(d):** المسافة بين كل حزين متتاليين في المحزز ومقداره صغير جدا.
**يحسب ثابت المحزز وفقا لما يأتي:**

$$d=\frac{w}{N}$$

حيث :
W : عرض المحزز حيث (w=1cm).
N : عدد الحزوز حيث يتراوح عدد الحزوز في السنتمتر الواحد من المحزز بين (1000-10000)line/cm.
فلو كان عدد الحزوز 5000line/cm مثلا فان ثابت المحزز (d) يكون :

$$d=\frac{w}{N}=\frac{1}{5000line/cm}=2\times10^{-4}cm$$

ان نوع التداخل للأشعة النافذة من المحزز يتوقف على فرق المسار البصري $(d\sin\theta)$ بين كل شعاعين صادرين عن شقين متتالين في المحزز.

❖ **فعندما يكون فرق المسار البصري بين شعاعين صادرين من أي شقين متجاورين (متتاليين) في المحزز يساوي طول موجة واحدة $(\lambda)$ او اعداد صحيحة من طول الموجة $(m\lambda)$ فان التداخل بين الموجات يكون بناء وتظهر الهدب مضيئة على الشاشة ووفقا للعلاقة الاتية :**

$$d\sin\theta=m\lambda \quad , \quad m=+1,+2,+3,......$$

**وهذه العلاقة يمكن ان تستخدم لقياس الطول الموجي لضوء احادي اللون باستعمال جهاز المطياف.**
حيث :
d : ثابت المحزز $(d=\frac{W}{N})$ بوحدة (cm).
θ : زاوية حيود الهدب الذي رتبته m عن الهدب المركزي حيث لكل زاوية حيود عن المركز رتبة وان زاوية اخر مرتبة مضيئة (90°) .

$d\sin\theta$ : فرق المسار البصري بين شعاعين صادرين عن شقين متجاورين في المحزز.
λ : طول موجة الضوء المستعمل في المحزز بوحدة (cm) .
m : رتبة الهدب المضيء.

**انتبه :**
(m) لاخر مرتبة مضيئة في الطيف الناتج يعبر عنها بالعلاقة الاتية :

$$m=\frac{d\sin\theta}{\lambda}$$

**تستخدم هذه العلاقة لايجاد اخر مرتبة مضيئة**

حيث زاوية حيود الضوء لاخر مرتبة مضيئة هي (90º) أي ان ($\theta = 90°$) وان ($\sin 90° = 1$) .

❖ اما لمعرفة عدد الصور (n) المضيئة والمتكونة على الشاشة يجب معرفة اخر مرتبة مضيئة (عند زاوية 90º) ثم نستخدم العلاقة التالية :

$$n = 2m + 1$$

حيث : m : آخر مرتبة مضيئة عند ($\theta = 90°$) .

**ملاحظات/**

1- لمعرفة هل يمكن رؤية صورة مضيئة رتبتها m على الشاشة يتطلب منا ايجاد $\sin\theta$ وبعد ذلك اذا كان :
a- $\sin\theta > 1$ لا يمكن رؤية تلك الصورة لاستحالة ان يكون جيب الزاوية اكبر من واحد.
b- $\sin\theta \le 1$ عند ذلك نعم يمكن رؤية تلك الصورة.

2- ان الحزوز تحجب الضوء بينما الفواصل بين الحزوز تسمح بنفاذ الضوء من خلالها فهي تعمل عمل الشقوق الضيقة جدا.

3- line تعني حز او خط .

**تذكر :**

يمكن ايجاد العلاقة بين التردد والطول الموجي باستعمال المعادلة العامة للموجات الكهرومغناطيسية وكما يلي :

$$c = f\lambda$$

وبالنظر لقصر طول موجة الضوء فهو يقاس عادة بالنانومتر (nm) وللتحويل من:
a- (nm) إلى (m) نضرب المقدار في $10^{-9}$ وبالعكس عند التحويل من (m) إلى (nm) نضرب المقدار في $10^{9}$.
b- (nm) إلى (cm) نضرب المقدار في $10^{-7}$ وبالعكس عند التحويل من (cm) إلى (nm) نضرب في $10^{7}$ .

س/ ما الفائدة العملية لجهاز المطياف؟
ج/ يستعمل لحساب الطول الموجي للضوء احادي اللون.

س/ علامَ يعتمد ثابت المحزز ؟
ج/ يعتمد على عدد الحزوز في السنتيمتر الواحد (تناسب عكسي) .

س/ علامَ تعتمد زاوية الحيود في المحزز؟
ج/ تعتمد على :
1- الطول الموجي للضوء المستعمل ($\lambda$) 2- ثابت المحزز او عدد حزوزه 3- رقم المرتبة المضيئة (m)

س/ كيف تتغير زاوية الحيود لهداب مضيء رتبته معلومة مع كل من :
1- الطول الموجي للضوء المستعمل خلال محزز معين.
2- عدد حزوز المحزز عند استعمال ضوء ذي طول موجي معين.

ج/ 1- تزداد زاوية حيود الضوء مع ازدياد الطول الموجي للضوء المستعمل (زاوية الحيود تتناسب طرديا مع الطول الموجي للضوء المستعمل) وفقا للعلاقة : $d\sin\theta = m\lambda$ لذلك ($\sin\theta \propto \lambda$).
2- بزيادة عدد حزوز المحزز تزداد زاوية الحيود (تناسب طردي) ($\sin\theta \propto N$) .

س/ ما السبب في كون ثابت المحزز صغير جدا؟
ج/ لان عدد الحزوز في السنتمتر الواحد من المحزز يتراوح بين (1000 – 10000)line/cm وان ثابت المحزز هو مقلوب عدد الحزوز لذلك فهو صغير جدا.

س/ علامَ يعتمد كون الهدب مضيء ام مظلم في محزز الحيود؟
ج/ يعتمد على فرق المسار البصري بين كل شعاعين صادرين من شقين متجاورين في المحزز.

**مثال4(كتاب)/** ضوء احادي اللون من ليزر هيليوم – نيون طوله الموجي ($\lambda$=632.8nm) يسقط عموديا على محزز حيود يحتوي السنتمتر الواحد منه على (6000line) . جد زوايا الحيود ($\theta$) للمرتبة الاولى والثانية المضيئة.
علما ان $\sin 21.3° = 0.3796$ ، $\sin 49° = 0.7592$

الحل

$$d=\frac{W}{N}=\frac{1cm}{6000}=\frac{1}{6}\times10^{-3}cm \quad , \quad \lambda=632.8nm=632.8\times10^{-7}cm$$

$(m=1)$:

$$d\sin\theta=m\lambda \Rightarrow \sin\theta=\frac{m\lambda}{d}=\frac{1\times632.8\times10^{-7}}{\frac{1}{6}\times10^{-3}}=3796.8\times10^{-4}=0.3796 \Rightarrow \theta=21.3°$$

$(m=2)$:

$$d\sin\theta=m\lambda \Rightarrow \sin\theta=\frac{m\lambda}{d}=\frac{2\times632.8\times10^{-7}}{\frac{1}{6}\times10^{-3}}=7593.6\times10^{-4}=0.7593 \Rightarrow \theta=49°$$

## استقطاب الضوء:

س/ اذكر نشاط يوضح استقطاب الموجات؟

**أدوات النشاط:**

حبل مثبت من احد طرفيه بجدار ، حاجز ذو شق .

**خطوات النشاط :**

- نمرر الطرف السائب للحبل عبر شق الحاجز، بحيث نجعل الشق طوليا نحو الأعلى وعموديا مع الحبل.
- نشد الحبل ثم ننتره لتوليد موجة مستعرضة منتقلة فيه . نشاهد ان الموجة المستعرضة قد مرت من خلال الشق.
- نجعل الشق بوضع افقي ثم نشد الحبل وننتره ، نشاهد ان الموجة المستعرضة المتولدة في الحبل لا يمكنها المرور من خلال الشق.

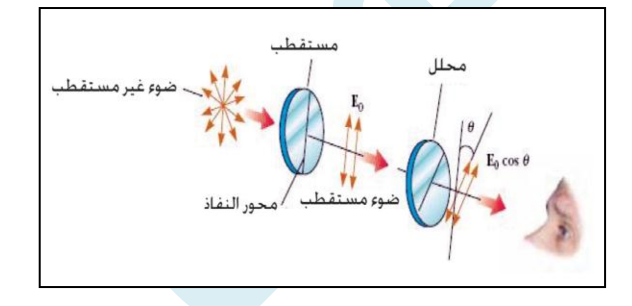
**الاستنتاج :**

يمكن التوصل إلى النتيجة نفسها مع موجات الضوء ، اذا استعملنا شريحة من التورمالين وهي مادة شفافة تسمح بمرور موجات الضوء الذي يكون تذبذب مجاله الكهربائي بالاتجاه العمودي وتحجب موجات الضوء الذي يكون تذبذب مجاله الكهربائي بالاتجاه الأفقي وذلك بامتصاصها داخليا.

س/ اذكر نشاط يوضح استقطاب موجات الضوء؟

**أدوات النشاط:**

شريحتان من التورمالين ، مصدر ضوئية



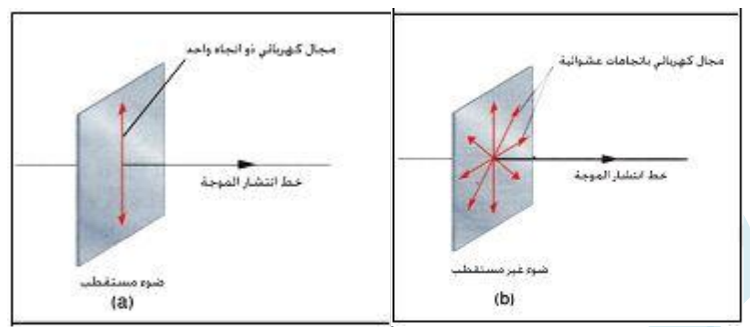

**خطوات النشاط:**

- خذ شريحة من التورمالين وضعها في طريق مصدر الضوء.
- قم بتدوير الشريحة حول المحور المار من وسطها والعمودي عليها .
- ضع شريحتين من التورمالين كما موضح في الشكل.
- قم بتثبيت احداهما وتدوير الشريحة الاخرى ببطء حول الحزمة الضوئية .

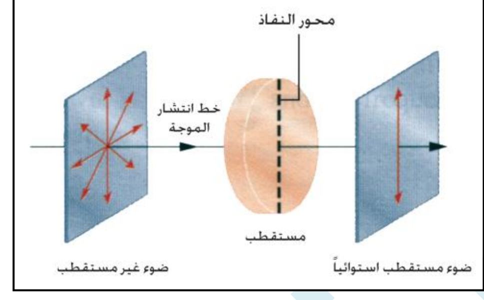
**الاستنتاج :**

1- ان الضوء غير المستقطب هو موجات مستعرضة يهتز مجالها الكهربائي في الاتجاهات جميعها وبلورة التورمالين تترتب فيها الجزيئات بشكل سلسلة طويلة اذ لا يسمح بمرور الموجات الضوئية الا اذا كان مستوي اهتزاز مجالها الكهربائي عمودي على خط السلسلة بينما تقوم بامتصاص باقي الموجات وهذه العملية تسمى الاستقطاب والموجات الضوئية تسمى موجات ضوئية مستقطبة .

2- في حالة الضوء المستقطب يكون تذبذب المجال الكهربائي للموجات الكهرومغناطيسية باتجاه واحد ، اما في حالة الضوء غير المستقطب فيكون تذبذب مجالها الكهربائي باتجاهات عشوائية وفي مستويات متوازية عمودية على خط انتشار الموجة.




- **ان الشريحة التي يستقطب الضوء من خلالها تسمى بالمستقطِب بينما الشريحة التي يمر من خلالها ضوء مستقطَب تسمى بالمحلل .**
- **بمساعدة بعض المواد المستقطبة للضوء مثل (التورمالين ، الكوارتز ، الكالسايت) يمكن الحصول على الضوء المستقطب من الضوء غير المستقطب.**
- **يكون اتجاه محور النفاذ للمادة المستقطبة هو اتجاه استقطاب الضوء نفسه والمار خلال المادة (لاحظ الشكل).**




**الضوء المستقطب استوائيا كليا:** هو الضوء الذي يهتز مجاله الكهربائي بمستوي واحد فقط عمودي على خط انتشاره.

**الضوء المستقطب جزئيا:** هو ضوء يكون مستقطبا في بعض اتجاهات اهتزاز مستوياته الكهربائية اكثر منه في الاتجاهات الاخرى.

**الضوء غير المستقطب:** هو الضوء الذي يهتز مجاله الكهربائي في مستويات ذات اتجاهات مختلفة وعمودية على خط انتشاره.

س/ ما المقصود ببلورة التورمالين؟

ج/ وهي مادة شفافة تسمح بمرور موجات الضوء الذي يكون تذبذب مجاله الكهربائي بالاتجاه العمودي وتحجب موجات الضوء الذي يكون تذبذب مجاله الكهربائي بالاتجاه الأفقي وذلك بامتصاصها داخليا.

س/ ماذا يقال عن الحزمة الضوئية اذا كان فيها المجال الكهربائي يهتز عموديا على خط انتشارها :

1- بمستوي واحد. 2- بمستويات ذات اتجاهات مختلفة.

ج/ 1- حزمة ضوئية مستقطبة استقطابا استوائيا كليا . 2- حزمة ضوئية غير مستقطبة.

س/ كيف تميز عمليا بين ثلاث اضواء احدهم مستقطبا استوائيا كليا والآخر جزئي والثالث غير مستقطب؟

ج/ وذلك باستخدام لوح قطيب او قرص استقطاب حيث يدور القرص امام كل ضوء بحيث يكون ذلك الضوء هو محور الدوران فاذا كانت شدة الضوء لا تتغير ولا يختفي اثناء التدوير فهو ضوء غير مستقطب ، اما اذا كانت شدته تتغير الا ان يختفي اثناء التدوير فهو مستقطب كلي واما اذا تغيرت شدته ولا يختفي اثناء التدوير فهو ضوء مستقطب جزئي.

س/ لماذا يكون ضوء الشمس والمصابيح الاعتيادية ضوء غير مستقطب ؟
ج/ لان اهتزاز المجال الكهربائي لضوء الشمس والمصابيح يكون باتجاهات عشوائية وبمستويات متوازية عمودية على خط الانتشار .

## طرائق استقطاب الضوء:

س/ عدد بعض طرائق الاستقطاب في الضوء؟
1- الاستقطاب بالامتصاص الانتقائي . 2- استقطاب الضوء بالانعكاس.

### الاستقطاب بالامتصاص الانتقائي:

س/ كيف يمكن الحصول على حزمة ضوئية مستقطبة خطيا من حزمة ضوئية غير مستقطبة ؟ وما التقنيات المستعملة لهذا الغرض ؟
ج/ وذلك بازالة معظم الموجات من الحزمة الضوئية غير المستقطبة ما عدا تلك الموجات التي يهتز مجالها الكهربائي بمستو واحد منفرد . اما التقنيات الشائعة الاستعمال للحصول على حزمة ضوء مستقطب هي باستعمال مواد تنفذ الموجات التي تتذبذب مجالاتها الكهربائية بمستو مواز لاتجاه معين وهو المحور البصري وتمتص تلك الموجات التي تتذبذب مجالاتها الكهربائية بالاتجاهات الاخرى .
س/ ما المقصود بالمواد القطبية؟ وكيف تصنع هذه المواد؟
ج/ المواد القطبية : هي المواد التي يستقطب الضوء من خلالها بطريقة الامتصاص الانتقائي.
وتصنع هذه المواد بهيئة الواح رقيقة ذات سلسلة هيدروكاربونية طويلة وتكون الألواح ممتدة خلال تصنيعها اذ تتراصف جزيئات السلسلة الطويلة لتكون محور بصري لنفاذ الضوء والذي يكون مجاله الكهربائي عموديا على السلسلة الجزيئية .
س/ ما المقصود بالمواد النشطة بصريا؟ مثل لها .
ج/ هي المواد التي لها القابلية على تدوير مستوي الاستقطاب للضوء المستقطب عند مروره من خلالها بزاوية تسمى زاوية الدوران البصري . مثل (بلورة الكوارتز ، سائل التربنتين ، محلول السكر في الماء ).
س/ علامَ تعتمد زاوية الدوران البصري في الاستقطاب بالامتصاص الانتقائي؟
ج/ تعتمد على :
1- نوع المادة 2- سمكها 3- تركيز المحلول 4- طول موجة الضوء المار خلالها.

### استقطاب الضوء بالانعكاس:

اكتشف العالم مالوس انه عند سقوط الضوء على سطوح عاكسة مثل المرايا المستوية او سطح ماء في بحيرة او الزجاج وبصورة مائلة وبأي زاوية سقوط فان :
- الضوء المنعكس يكون مستقطبا جزئيا وفي مستوي مواز لمستوي السطح العاكس
- الضوء المنكسر في الوسط الثاني يكون في مستوي سقوط الاشعة.

**ان الضوء المنعكس يصبح مستقطبا استوائيا كليا عند زاوية معينة تسمى زاوية بروستر او زاوية الاستقطاب ورمزها $(\theta_p)$ حيث وجد بروستر علاقة بين زاوية الاستقطاب $(\theta_p)$ ومعامل انكسار الوسط $(n)$ وكما يلي :**

$$\tan\theta_p = n$$

حيث معامل انكسار الوسط $(n)$ وهو عدد مجرد من الوحدات ويعبر عنه باحدى العلاقات الاتية :

$$n = \frac{\lambda}{\lambda_n}$$

n: نسبة طول موجة الضوء في الفراغ ( $\lambda$ ) الى طول موجة الضوء في الوسط المادي ( $\lambda_n$ )

or

$$n = \frac{1}{\sin\theta_c}$$

معامل الانكسار مقلوب جيب الزاوية الحرجة

$\theta_c$ : الزاوية الحرجة .

## ملاحظات/

1- عندما يسقط الضوء على سطح عاكس وبصورة عمودية عليه فان زاوية السقوط تساوي صفر لذلك لا يحدث استقطاب.

2- عندما يسقط الضوء على سطح عاكس وبصورة مائلة بحيث ان زاوية سقوط الضوء لا تساوي زاوية الاستقطاب فان الضوء المنعكس يكون مستقطب جزئي.

3- طول موجة الضوء في الفراغ اكبر من طول موجة الضوء في الوسط المادي أي ان : $(\lambda > \lambda_n)$.

س/ علامَ تعتمد زاوية الاستقطاب؟

ج/ تعتمد على معامل انكسار الوسط .

س/ علامَ تعتمد درجة الاستقطاب في الضوء بطريقة الانعكاس؟

ج/ تعتمد على زاوية السقوط او زاوية الاستقطاب .

س/ علام يدل على ان الضوء المنعكس من على سطح عاكس يكون غير مستقطب؟

ج/ يدل على ان الضوء الساقط عمودي على السطح العاكس أي ان زاوية السقوط تساوي صفر.

س/ علام يدل على ان الضوء المنعكس من على سطح عاكس مستقطبا جزئيا؟

ج/ يدل على ان الضوء سقط على السطح مائلا وبزاوية سقوط اقل من زاوية الاستقطاب (زاوية بروستر).

س/ علام يدل على ان الضوء المنعكس من على سطح عاكس مستقطبا كليا؟

ج/ يدل على ان الضوء سقط على السطح مائلا وبزاوية سقوط تساوي زاوية الاستقطاب (زاوية بروستر).

س/ في حالة استقطاب الضوء بالانعكاس عند اية شروط :

a- لا يحصل استقطاب في الضوء .        b- يحصل استقطاب استوائي كلي .

ج/ a- عندما تكون زاوية سقوط الضوء تساوي صفر.

b- عندما تكون زاوية السقوط تساوي زاوية الاستقطاب (زاوية بروستر).

س/ ماذا يحصل عندما يسقط الضوء على سطح عاكس مائلا بزاوية سقوط تساوي زاوية الاستقطاب ؟

ج/ a- الشعاع المنعكس يكون مستقطب استوائيا كليا.

b- الشعاع المنكسر مستقطبا جزئيا.

c- الزاوية بين الشعاع المنعكس والشعاع المنكسر قائمة.

d- العلاقة بين زاوية الاستقطاب $\theta_p$ ومعامل انكسار الوسط $(n)$ هي $(n=\tan\theta_P)$ .

**زاوية الاستقطاب:** هي زاوية سقوط الضوء غير المستقطب والتي يكون عندها الشعاع المنعكس مستقطبا استوائيا كليا والشعاع المنكسر مستقطبا جزئيا وان الزاوية بين الشعاع المنعكس والمنكسر قائمة.

سعيد محي تومان

## الاستطارة في الضوء:

س/ ما المقصود بظاهرة الاستطارة ؟

ج/ هي ظاهرة حيود الضوء نتيجة لسقوطه على جزيئات الهواء التي اقطارها تقارب معدل الطول الموجي لمكونات الضوء المرئي $(d \leq \lambda)$ .

س/ ما سبب رؤية السماء زرقاء من على سطح الارض وبلا نجوم نهارا؟

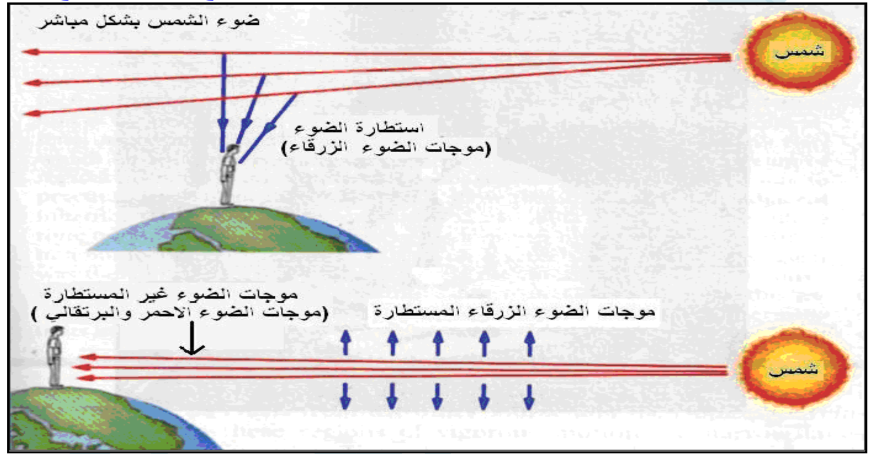
ج/ بسبب حدوث ظاهرة الاستطارة (تشتت الالوان) وذلك بسبب وجود الغلاف الجوي.

**س/ ما سبب زرقة السماء عندما تكون الشمس فوق الافق نهارا ؟ وضح ذلك .**

ج/ سبب ذلك يعود الى ظاهرة الاستطارة في الضوء . فعند سقوط ضوء الشمس (الضوء المرئي (الذي تتراوح اطواله الموجية $\lambda$ بين (400nm – 700nm) على جزيئات الهواء التي اقطارها d تقارب معدل الطول الموجي لمكونات الضوء المرئي (أي ان $d \leq \lambda$) فان الاطوال الموجية القصيرة من ضوء الشمس (الضوء الازرق) يستطار بمقدار اكبر من الأطوال الموجية الطويلة (الضوء الاحمر) لذلك عندما ننظر إلى السماء نحو الأعلى فإننا نراها زرقاء بسبب استطارة الضوء الأزرق.

س/ عندما ننظر إلى السماء باتجاه الغرب وقت الغروب او باتجاه الشرق وقت الشروق فاننا نرى الوان الضوء الاحمر والبرتقالي تلون الأفق عند غروب الشمس او في اثناء شروقها ما سبب ذلك .

ج/ وذلك بسبب قلة استطارة هذه الالوان وان شدة الاستطارة تتناسب عكسيا مع الاس الرابع للطول الموجي.




الشكل يوضح الضوء الأزرق يستطار بنسبة اكبر من الضوء الأحمر

س/ علامَ تعتمد شدة الاستطارة ؟

ج/ تعتمد على الاس الرابع للطول الموجي (شدة الاستطارة تتناسب عكسيا مع الاس الرابع للطول الموجي).

س/ لماذا يميل الضوء المستطار إلى اللون الأزرق؟

ج/ لان الضوء الأزرق قصير الطول الموجي وان شدة الاستطارة تتناسب عكسيا مع الاس الرابع للطول الموجي $(I \alpha \frac{1}{\lambda^4})$ وكذلك فان طوله الموجي يقارب معدل قطر الجسيمات (d) المسببة للاستطارة أي ان $(\lambda \geq d)$.

س/ لماذا تستطار موجات الضوء القصيرة بنسبة اكبر من موجات الضوء الطويلة؟

ج/ لان شدة الاستطارة تتناسب عكسيا مع الاس الرابع للطول الموجي . $(I \alpha \frac{1}{\lambda^4})$.

س/ أي من الأطوال الموجية للضوء الابيض يستطار بنسبة اكبر؟ ولماذا؟ وايهما يستطار بنسبة اقل؟ولماذا؟

ج/ موجات الضوء الأزرق (قصيرة الطول الموجي) تكون اكبر استطارة.

موجات الضوء الاحمر (طويلة الطول الموجي) تكون اقل استطارة.

لان شدة الاستطارة تتناسب عكسيا مع الاس الرابع للطول الموجي للضوء المستعمل. $(I \alpha \frac{1}{\lambda^4})$.

## قوانين الفصل الرابع

1 - فرق المسار البصري :

$$\Delta\ell = \ell_2 - \ell_1 \quad or \quad \Delta\ell = m\lambda \quad or \quad \Delta\ell = (m+\frac{1}{2})\lambda \quad or \quad \Phi = \frac{2\pi}{\lambda}\Delta\ell$$

$$\Delta\ell = 2nt + \frac{1}{2}\lambda$$

2- شروط الحصول على هدب مضيئة ومعتمة من شقي يونك :

$$d\sin\theta = m\lambda$$

$$d\sin\theta = (m+\frac{1}{2})\lambda$$

3- شروط الحصول على هدب مضيئة ومعتمة من شق واحد :

$$\ell\sin\theta = (m+\frac{1}{2})\lambda$$

$$\ell\sin\theta = m\lambda$$

4- قوانين تجربة شقي يونك :

$$y = L\tan\theta \quad or \quad y = \frac{mL\lambda}{d} \quad or \quad y = \frac{(m+\frac{1}{2})L\lambda}{d} \quad or \quad \Delta y = \frac{L\lambda}{d}$$

5- قوانين المحزز :

$$d\sin\theta = m\lambda \quad or \quad d = \frac{w(1cm)}{N}$$

- لكل رتبة زاوية حيود خاصة بها وان زاوية حيود اخر مرتبة مضيئة هي $(\theta=90°)$ ويعبر عن اخر مرتبة مضية كما يلي :

$$m = \frac{d\sin\theta}{\lambda}$$

سعيد محي تومان

ومنها فان عدد الصور المضيئة يعبر عنها كما يلي :

n=2m+1

### 6- قوانين الاستقطاب بالانعكاس :

$$n = \tan\theta_p \quad or \quad n = \frac{\lambda}{\lambda_n} \quad or \quad n = \frac{1}{\sin\theta_c}$$

- تذكر بان المعادلة العامة للموجات الكهرومغناطيسية هي :

$$c = f\lambda$$

## أمثلة محلولة

**مثال 1/** اذا كان طول المسار البصري $\ell_1 = 2.25\lambda$ للموجات المنبعثة من المصدر ($S_1$) والواصلة إلى النقطة P وطول المسار البصري ($\ell_2 = 3.25\lambda$) للموجات المنبعثة من المصدر ($S_2$) والواصلة إلى النقطة P :

1- احسب فرق المسار البصري بين الموجتين 2- احسب فرق الطور بينهما 3- ما نوع التداخل

الحل/

1- $\Delta\ell = \ell_2 - \ell_1 = 3.25\lambda - 2.25\lambda = \lambda$

2- $\Phi = \frac{2\pi}{\lambda}\Delta\ell = \frac{2\pi}{\lambda}\times\lambda = 2\pi rad$

3-

التداخل بناء لان فرق المسار البصري عدد صحيح الموجة ($\Delta\ell = \lambda$).

**مثال 2/** اذا كان طول المسار البصري $\ell_1 = 1\lambda$ للموجات المنبعثة من المصدر ($S_1$) والواصلة إلى النقطة P وطول المسار البصري $\ell_2 = 1.5\lambda$ للموجات المنبعثة من المصدر ($S_2$) والواصلة إلى النقطة P :

1- احسب فرق المسار البصري بين الموجتين 2- احسب فرق الطور بينهما 3- ما نوع التداخل

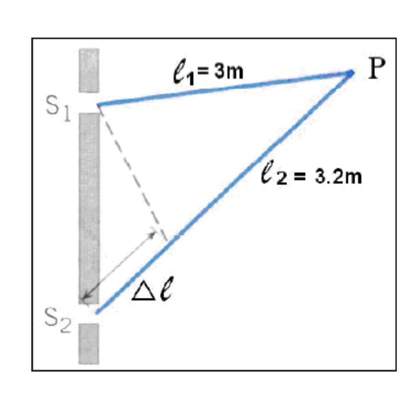
الحل/

1- $\Delta\ell = \ell_2 - \ell_1 = 1.5\lambda - 1\lambda = \frac{1}{2}\lambda$

2- $\Phi = \frac{2\pi}{\lambda}\Delta\ell = \frac{2\pi}{\lambda}\times\frac{1}{2}\lambda = \pi rad$

3-

التداخل اتلاف لان فرق المسار البصري نصف طول موجة ($\Delta\ell = \frac{1}{2}\lambda$).




**مثال/3** مصدران ($S_2,S_1$) متشاكهان يبعثان موجات ذات طول موجي ($\lambda$=0.1m) وتتداخل الموجات الصادرة عنها عند النقطة P في ان واحد . ما نوع التداخل الناتج عند هذه النقطة عندما تقطع احدى الموجتين مسارا بصريا مقداره (3.2m) والاخرى تقطع مسارا بصريا مقداره (1.25m) .

**الحل/**

$$\Delta\ell = \ell_2 - \ell_1 = 3.2 - 1.25 = 1.95\text{m}$$

الاحتمال الأول:

$$\Delta\ell = (m + \frac{1}{2})\lambda \quad \Rightarrow \quad 1.95 = (m + \frac{1}{2}) \times 0.1 \quad \Rightarrow \quad 19.5 = m + 0.5$$

$$\therefore \quad m = 19$$

بما ان m عدد صحيح فالتداخل اتلاف

الاحتمال الثاني:

$$\Delta\ell = m\lambda \quad \Rightarrow \quad 1.95 = m \times 0.1 \quad \Rightarrow \quad m = 19.5$$

بما ان قيمة m يجب ان تكون عدد صحيح فالناتج لا يحقق شرط التداخل البناء.

**مثال/4** مصدران ($S_2,S_1$) متشاكهان يبعثان موجات ذات طول موجي ($\lambda$=0.1m) وتتداخل الموجات الصادرة عنها عند النقطة P في ان واحد . ما نوع التداخل الناتج عند هذه النقطة عندما تقطع احدى الموجتين مسارا بصريا مقداره (3.2m) والاخرى تقطع مسارا بصريا مقداره (2.5m).

**الحل/**

$$\Delta\ell = \ell_2 - \ell_1 = 3.2 - 2.5 = 0.7\text{m}$$

الاحتمال الأول:

$$\Delta\ell = (m + \frac{1}{2})\lambda \quad \Rightarrow \quad 0.7 = (m + \frac{1}{2}) \times 0.1 \quad \Rightarrow \quad 7 = m + \frac{1}{2}$$

$$\therefore \quad m = 7 - \frac{1}{2} = 6\frac{1}{2}$$

بما ان قيمة m يجب ان تكون عدد صحيح فالناتج لا يحقق شرط التداخل الاتلاف.

الاحتمال الثاني:

$$\Delta\ell = m\lambda \quad \Rightarrow \quad 0.7 = m \times 0.1 \quad \Rightarrow \quad m = 7$$

بما ان m عدد صحيح فالتداخل بناء.

**مثال/5** عند اضاءة شقي يونك بضوء اخضر طوله الموجي ($5\times10^{-7}$m) وكان البعد بين الشقين (1mm) وبعد الشاشة عن الشقين (2m) احسب البعد بين مركزي هدابين مضيئين متتاليين في نمط التداخل المتكون على الشاشة.

**الحل/**

$$\Delta y = \frac{\lambda L}{d} = \frac{5\times10^{-7}\times 2}{1\times10^{-3}} = 10^{-3}\text{m} = 1\text{mm}$$

**مثال/6** سقطت اشعة متوازية ذات طول موجي مقداره (650nm) على شق منفرد فوقعت المرتبة المظلمة الاولى على الشاشة بحيث تصنع الأشعة زاوية مقدارها (30°) مع المستقيم المار من الشق والعمودي على الشاشة احسب عرض الشق.

الحل/

$$\ell \sin\theta = m\lambda \quad \Rightarrow \quad \ell \sin 30° = 1\times 650\times 10^{-9} \quad \Rightarrow \quad \ell \times \frac{1}{2} = 650\times 10^{-9}$$

$$\therefore \quad \ell = 1300\times 10^{-9}\,m = 1300nm$$

**مثال/7** إذا كان معامل انكسار الزجاج (1.5) مر فيه ضوء طول موجته بالهواء (600nm) ما هو طول موجة ذلك الضوء في الزجاج .

الحل/

$$n = \frac{\lambda}{\lambda_n} \quad \Rightarrow \quad \lambda_n = \frac{600}{1.5} = \frac{6000}{15} = 400nm$$

**مثال/8** في تجربة يونك للتداخل ينبعث من الشقين ضوء طوله الموجي (550nm) وتتكون أهداب التداخل على شاشة تبعد (25cm) عن كل من الشقين فإذا كان البعد بين كل هدابين مضيئين متتاليين (0.5mm) فما البعد بين الشقين؟

الحل/

$$\lambda = 550nm = 550\times10^{-9} = 55\times10^{-8}m \quad , \quad L = 25cm = 25\times10^{-2}m$$

$$\Delta y = 0.5mm = 0.5\times10^{-3} = 5\times10^{-4}m$$

$$\Delta y = \frac{\lambda L}{d} \quad \Rightarrow \quad 5\times10^{-4} = \frac{55\times10^{-8}\times 25\times10^{-2}}{d}$$

$$d = \frac{55\times 25\times10^{-10}}{5\times10^{-4}} = 275\times10^{-6}m = 0.275\times10^{-3}mm$$

**مثال/9** شقان البعد بينهما (0.03mm) سقط عليهما ضوء أحادي الطول الموجي فتكونت صورة للهدب الخامس على بعد (14cm)عن الهدب المركزي المضيء فإذا كان بعد الشاشة عن الشقين (2m) احسب طول موجة الضوء الساقط .

الحل/

$$d = 0.03mm = 0.03\times10^{-3}m = 3\times10^{-5}m \quad , \quad y_m = 14cm = 14\times10^{-2}m$$

$$\lambda = \frac{y_m d}{mL} = \frac{14\times10^{-2}\times 3\times10^{-5}}{5\times 2} = 42\times10^{-8} = 420nm$$

**مثال/10** أضيء شق مزدوج بضوء ذي طولين موجيين مختلفين احدهما بطول (0.7μm) وبملاحظة نمط التداخل على شاشة تبعد ببعد غير معلوم عن الشقين وجد أن الهدب المظلم الرابع للضوء ذي الطول الموجي المعلوم ينطبق على الهدب المضيء الخامس للضوء ذي الطول الموجي المجهول جد الطول الموجي المجهول .

الحل/

$$\lambda_1 = 0.7\mu m = 0.7\times10^{-6}m = 7\times10^{-7}m$$

$$(y_4)_{\text{مظلم}} = (y_5)_{\text{مضيء}} \quad \Rightarrow \quad \frac{(m+\frac{1}{2})\lambda_1 L}{d} = \frac{m\lambda_2 L}{d} \quad \Rightarrow \quad (m+\frac{1}{2})\lambda_1 = m\lambda_2$$

$$(3+\frac{1}{2})\times 7\times10^{-7} = 5\lambda_2 \quad \Rightarrow \quad 3.5\times7\times10^{-7} = 5\lambda_2$$

$$\therefore \quad \lambda = 4.9\times10^{-7}m = 490nm$$

سعيد محي تومان

**مثال/11** إذا كانت المسافة بين الشقين في تجربة يونك (0.3cm) وكان بعد الشاشة عنهما (100cm) والطول الموجي المستخدم (600nm) . احسب المسافة بين هدبين مضيئين متتاليين.

الحل/

$d=0.3cm=0.3\times10^{-2}\,m=3\times10^{-3}m \quad , \quad L=100cm=1m$

$\lambda=600nm=600\times10^{-9}m=6\times10^{-7}m$

$$\Delta y=\frac{\lambda L}{d}=\frac{6\times10^{-7}\times1}{3\times10^{-3}}=2\times10^{-4}m=0.2mm$$

**مثال/12** في تجربة يونك كان البعد بين الشقين (0.35mm) وبعد الشاشة عن الشقين (3m) والمسافة الفاصلة بين الأهداب المتماثلة المتتالية (4.5mm) احسب طول موجة الضوء المستخدم . كم تصبح المسافة بين الأهداب المتماثلة المتتالية عند استخدام ضوء طول موجته (625nm).

الحل/

$$\Delta y=\frac{\lambda L}{d} \quad \Rightarrow \quad 4.5\times10^{-3}=\frac{\lambda\times3}{0.35\times10^{-3}}$$

$$\lambda=\frac{4.5\times0.35\times10^{-6}}{3}=525\times10^{-9}m=525nm$$

$$\Delta y=\frac{\lambda L}{d}=\frac{625\times10^{-9}\times3}{0.35\times10^{-3}}=5357\times10^{-6}m=5.357mm$$

**مثال/13** استخدم ضوء طوله الموجي (750nm) اسقط على شقين المسافة بينهم (0.2mm) فتكونت على الشاشة أهداب التداخل حيث تبعد عن الشقين مسافة قدرها (1m) وعند استبدال هذا الضوء بآخر طوله الموجي (450nm) ظهرت أهداب التداخل على الشاشة اوجد رقم الهدب المضيء للضوء الثاني والذي ينطبق على الهدب المضيء الثالث للضوء الأول .

الحل/

$$y_3=y_m \quad \Rightarrow \quad \frac{mL\lambda_1}{d}=\frac{mL\lambda_2}{d} \quad \Rightarrow \quad \frac{3\times1\times750}{0.2}=\frac{m\times1\times450}{0.2}$$

$$\therefore \quad m=\frac{3\times750}{450}=5$$

**مثال/14** إذا كانت المسافة بين الشقين في تجربة يونك (0.1mm) وبعد الشاشة عن كل من الشقين (50cm) احسب المسافة بين الهدب المركزي والهدب المضيء الأول إذا علمت أن الطول الموجي للضوء البنفسجي (400nm) وللضوء الأحمر (700nm) .

الحل/

بالنسبة للضوء البنفسجي

$$\Delta y=\frac{\lambda L}{d}=\frac{400\times10^{-9}\times0.5}{0.1\times10^{-3}}=2\times10^{-3}m=2mm$$

بالنسبة للضوء الاحمر

$$\Delta y=\frac{\lambda L}{d}=\frac{700\times10^{-9}\times0.5}{0.1\times10^{-3}}=35\times10^{-4}m=3.5mm$$

**مثال/15** ما تردد الضوء الساقط على محزز حيود عدد حزوزه يحتوي السنتمتر الواحد منه على (8000line) إذا كانت زاوية حيود الرتبة الثانية في الطيف الناتج($53^\circ$)؟

الحل/

$$d=\frac{W}{N}=\frac{1cm}{8000}=125\times10^{-6}cm$$

$$d\sin\theta=m\lambda \Rightarrow 125\times10^{-6}\sin53^o=2\times\lambda \Rightarrow 125\times10^{-6}\times0.8=2\lambda$$

$$\therefore \lambda=500\times10^{-7}=5\times10^{-5}cm=5\times10^{-7}m$$

$$f=\frac{c}{\lambda}=\frac{3\times10^{8}}{5\times10^{-7}}=0.6\times10^{15}Hz$$

**مثال/16** ما قياس زاوية حيود الهداب المضيء الثالث المتولد باستعمال محزز حيود عدد حزوزه (4000line/cm) اذا كان تردد الضوء الساقط على المحزز ($4.8\times10^{14}Hz$) .

الحل/

$$d=\frac{W}{N}=\frac{1cm}{4000}=25\times10^{-5}cm$$

$$\lambda=\frac{c}{f}=\frac{3\times10^{8}}{4.8\times10^{14}}=0.625\times10^{-6}m=625\times10^{-7}cm$$

$$d\sin\theta=m\lambda \Rightarrow 25\times10^{-5}\sin\theta=3\times625\times10^{-7}$$

$$\therefore \sin\theta=0.75 \Rightarrow \theta=48.6^o$$

**مثال/17** محزز للحيود عدد حزوزه (1000line/cm) تظهر المرتبة الثانية من خلاله بزاوية حيود ($30^o$) جد:

1- طول موجه الضوء المستعمل
2- هل تظهر من خلاله المرتبة الخامسة
3- ما رتبة اخر هدب مضيء يمكن رؤيته

الحل/

$$d=\frac{W}{N}=\frac{1cm}{1000}=10^{-3}cm$$

1- $d\sin\theta=m\lambda \Rightarrow 10^{-3}\sin30^o=2\lambda \Rightarrow 10^{-3}\times0.5=2\lambda$

$$\lambda=\frac{10^{-3}}{4}=25\times10^{-5}cm=2500nm$$

2- $d\sin\theta=m\lambda \Rightarrow 10^{-3}\sin\theta=5\times25\times10^{-5} \Rightarrow \sin\theta=1.25>1$ (غير ممكن)

بما ان $\sin\theta>1$ لذلك لا تظهر صورة خامسة .

3- $d\sin\theta=m\lambda \Rightarrow 10^{-3}\sin90^o=m\times25\times10^{-5} \Rightarrow 25m=100$

$m=4$

**مثال/18** سقطت حزمة متوازية من ضوء احادي اللون طول موجته (400nm) على لوح افقي شفاف للضوء فكانت زاوية الاستقطاب للحزمة بالانعكاس ($53^o$) جد طول موجة الضوء النافذ من الحزمة إلى وسط اللوح.

الحل/

$$n=\tan\theta_p \Rightarrow n=\tan53^\circ=\frac{4}{3}$$

$$\lambda_n = \frac{\lambda}{n} = \frac{400}{\frac{4}{3}} = \frac{400 \times 3}{4} = 300nm$$

## أسئلة الفصل الرابع

س1/ اختر العبارة الصحيحة لكل من العبارات الاتية:

1- في حيود الضوء فان شرط تكون الهدب المضيء الاول (غير المركزي) ان يكون عرض الشق مساويا إلى:

a- $\lambda$ b- $\frac{\lambda}{2\sin\theta}$ ***c-*** $\frac{3\lambda}{2\sin\theta}$ d- $\frac{\lambda}{2}$

2- تعزى الوان فقاعة الصابون إلى ظاهرة :

***a- التداخل*** b- الحيود c- الاستقطاب d- الاستطارة

3- سبب ظهور هدب مضيئة و هدب مظلمة في تجربة شقي يونك هو:

***a- حيود وتداخل موجات الضوء معا*** b- حيود موجات الضوء فقط
c- تداخل موجات الضوء فقط d- استعمال مصدرين ضوئيين غير متشاكهين

4- اذا سقط ضوء اخضر على محزز حيود فان الهداب المركزي يظهر بلون :

a- اصفر b- احمر ***c- اخضر*** d- ابيض

5- تزداد زاوية حيود الضوء مع :

a- نقصان الطول الموجي للضوء المستعمل ***b- زيادة الطول الموجي للضوء المستعمل***
c- بثبوت الطول الموجي للضوء المستعمل d- كل الاستعمالات السابقة

6- اذا كان فرق المسار البصري بين موجتين ضوئيتين متشاكهتين متراكبتين يساوي اعدادا فردية من انصاف الاطوال الموجية عندها يحصل :

a- تداخل بناء b- استطارة c- استقطاب ***d- تداخل اتلاف***

7- لحصول التداخل المستديم في موجات الضوء يجب ان يكون مصدراهما :

***a- متشاكهين*** b- غير متشاكهين c- مصدرين من الليزر d- جميع الاحتمالات السابقة

8- في تجربة شقي يونك يحصل الهداب المضيء الاول على جانبي الهداب المركزي المضيء المتكون على الشاشة عندما يكون فرق المسار البصري مساويا إلى :

a- $\frac{1}{2}\lambda$ ***b- $\lambda$*** c- $2\lambda$ d- $3\lambda$

9- نمط التداخل يتولد عندما يحصل :

a- الانعكاس b- الانكسار ***c- الحيود*** d- الاستقطاب

10- تولد الموجات الكهرومغناطيسية عند :

a- مرور تيار مستمر في سلك موصل b- حركة شحنة كهربائية بسرعة ثابتة في سلك موصل.
***c- حركة شحنة كهربائية معجلة في سلك موصل.*** d- وجود شحنات كهربائية ساكنة في سلك موصل.

11- اغشية الزيت الرقيقة و غشاء فقاعة صابون الماء تبدو ملونة بالوان زاهية نتيجة الانعكاس و:

a- الانكسار ***b- التداخل*** c- الحيود d- الاستقطاب

12- الخاصية المميزة للطيف المتولد بوساطة محزز الحيود تكون:

***a- الخطوط المضيئة واضحة المعالم*** b- انتشار الخطوط المضيئة .
c- انعدام الخطوط المضيئة d- انعدام الخطوط المظلمة .

13- حزمة الضوء غير المستقطبة هي التي تكون تذبذب مجالاتها الكهربائية

a- مقتصرة على مستوي واحد. ***b- تحصل في الاتجاهات جميعها.***
c- التي يمكنها المرور خلال اللوح القطيب. d- تحصل في اتجاهات محددة.

14- الموجات الطولية لا يمكنها اظهار.
a- الانكسار b- الانعكاس c- الحيود ***d- الاستقطاب***

15- تكون السماء زرقاء بسبب
a- جزيئات الهواء تكون زرقاء b- عدسة العين تكون زرقاء
***c- استطارة الضوء تكون اكثر مثالية للموجات القصيرة الطول الموجي.***
d- استطارة الضوء تكون اكثر مثالية للموجات طويلة الطول الموجي.

16- عند اضاءة شقي يونك بضوء اخضر طوله الموجي $(5\times10^{-7}m)$ وكان البعد بين الشقين $(1mm)$ وبعد الشاشة عن الشقين $(2m)$ فان البعد بين مركزي هدابين مضيئين متتاليين في نمط التداخل المتكون على الشاشة يساوي:
a- 0.1mm b- 0.25mm c- 0.4mm ***d- 1mm***

**س2/ هل يمكن للضوء الصادر عن المصادر غير المتشاكهة ان يتداخل؟ وهل يوجد فارق بين المصادر المتشاكهة وغير المتشاكهة؟**
ج/ نعم يحصل التداخل البناء والتداخل الاتلاف ولكن بسرعة كبيرة جدا لا تدركها العين لان كلا من المصدرين يبعث موجات باطوار عشوائية متغيرة وبسرعة فائقة جدا فلا يمكن الحصول على فرق ثابت في الطور بين الموجات المتداخلة في أي نقطة من نقاط الوسط لذا تشاهد العين اضاءة مستديمة بسبب صفة دوام الأبصار وهذا هو الفرق بين المصادر المتشاكهة والمصادر غير المتشاكهة.

**س3/ مصدران ضوئيان موضوعان الواحد جنب الآخر معا اسقطت موجات الضوء الصادر منهما على شاشة . لماذا لا يظهر نمط التداخل من تراكب موجات الضوء الصادرة عنهما على الشاشة.**
ج/ الضوء الصادر من المصدرين الضوئيين يتألف من موجات عدة مختلفة الطول الموجي باطوار عشوائية متغيرة أي لا يوجد تشاكه بين المصدرين فالضوء الصادر عن المصدرين لا يحقق فرق طور ثابت بمرور الزمن لذا من المحال مشاهدة طراز التداخل.

**س4/ لو اجريت تجربة يونك تحت سطح ، كيف يكون تأثير ذلك في طراز التداخل؟**
ج/ طول موجة الضوء في الماء اقصر عما هي في الهواء على وفق العلاقة الآتية:

$$\lambda_n = \frac{\lambda}{n}$$

وبما ان الحزم المضيئة والمظلمة تتناسب مواقعها مع الطول الموجي $(\lambda)$ فان الفواصل بين هدب التداخل ستقل.

**س5/ ما الشرط الذي يتوافر في الفرق بطول المسار البصري بين موجتين متشاكهتين متداخلتين في حالة .**
**a- التداخل البناء . b- التداخل الاتلافي.**
ج/

$$a- \ \Delta\ell = m\lambda$$

أي ان فرق المسار البصري صفر او أعداد صحيحة الأطوال الموجية $(\Delta\ell = 0, \lambda, 2\lambda, 3\lambda, .......)$

$$b- \ \Delta\ell = (m + \frac{1}{2})\lambda$$

أي ان فرق المسار البصري أعداد فردية من أنصاف طول الموجة $(\Delta\ell = \frac{1}{2}\lambda, \frac{3}{2}\lambda, \frac{5}{2}\lambda......)$.

**س6/ خلال النهار ومن على سطح القمر يرى رائد الفضاء السماء سوداء ويتمكن من رؤية النجوم بوضوح ، في حين خلال النهار ومن على سطح الأرض يرى السماء زرقاء بلا نجوم ، ما تفسير ذلك.**
ج/ وذلك لعدم وجود غلاف جوي والجسيمات التي تسبب استطارة ضوء الشمس. في حين خلال النهار ومن على سطح الأرض يرى السماء زرقاء بلا نجوم بسبب حدوث ظاهرة الاستطارة (تشتت الألوان) وذلك بسبب وجود الغلاف الجوي.

**س7/ ما التغير الذي يحصل في عرض المنطقة المركزية المضيئة لنمط الحيود من شق واحد عندما نجعل عرض الشق يضيق أكثر؟**
ج/ يزداد عرض الهدب المركزي المضيء ويكون باقل شدة على وفق العلاقة الآتية:

$$\ell \alpha \frac{1}{\sin\theta}$$

**س8/ ماذا يتذبذب عندما تنتشر الاشعة الكهرومغناطيسية في الفضاء او الأوساط المختلفة ؟**

ج/ كلا المجالين الكهربائي والمغناطيسي يتذبذبان بطور واحد ومتعامدان مع بعضهما وعمودان على خط مسار الموجة (خط انتشار الموجة الكهرومغناطيسية).

## مسائل الفصل الرابع

س1/ وضعت شاشة على بعد (4.5m) من حاجز ذو شقين وأضيء الشقان بضوء احادي اللون طول موجته في الهواء (λ=490nm) فكانت المسافة الفاصلة بين مركز الهداب المركزي المضيء ومركز الهداب ذو المرتبة المضيء (m=1) تساوي (4.5cm) ، ما البعد بين الشقين ؟

الحل

$$\lambda = 490nm = 490\times10^{-9}m \quad , \quad y_m = 4.5cm = 45\times10^{-3}m$$

$$y_m = \frac{mL\lambda}{d} \Rightarrow d = \frac{mL\lambda}{y_m} = \frac{1\times4.5\times490\times10^{-9}}{45\times10^{-3}} = 490\times10^{-7}m$$

س2/ ضوء ابيض تتوزع مركبات طيفه بوساطة محزز حيود فإذا كان للمحزز (2000line/cm) . ما قياس زاوية حيود المرتبة الأولى للضوء الأحمر ذي الطول الموجي (λ=640nm) .

الحل

$$\lambda = 640nm = 640\times10^{-7}cm$$

$$d = \frac{W}{N} = \frac{1cm}{2000} = 5\times10^{-4}cm$$

$$d\sin\theta = m\lambda \Rightarrow \sin\theta = \frac{m\lambda}{d} = \frac{1\times640\times10^{-7}}{5\times10^{-4}} = 0.128 \Rightarrow \theta = \sin^{-1}(0.128) = 7.35°$$

س3/ سقطت حزمة ضوئية على سطح عاكس بزوايا سقوط مختلفة القياس ، وقد تبين ان الشعاع المنعكس أصبح مستقطبا كليا عندما كانت زاوية السقوط 48° احسب معامل الانكسار للوسط ؟ علما ان: tan48°=1.110 .

الحل

$$n = \tan\theta_P = \tan 48° = 1.11$$

س4/ اذا كانت الزاوية الحرجة للأشعة الضوئية لمادة العقيق الأزرق المحاطة بالهواء 34.4° ، احسب زاوية الاستقطاب للأشعة الضوئية لهذه المادة ، علما ان : tan60.5°=1.77 ، Sin34.4°=0.565 .

الحل

$$n = \frac{1}{\sin\theta_C} = \frac{1}{\sin 34.4°} = \frac{1}{0.565} = 1.77 \;,\; \tan\theta_P = n \Rightarrow \tan\theta_P = 1.77 \Rightarrow \theta_P = 60.5°$$

## حلول فكر (الفصل الرابع : البصريات الفيزيائية)

### سؤال/ ص158

بالنسبة للمثال السابق ماذا يحصل ؟ عندما :

a- تقطع احدى الموجتين مسارا بصريا مقداره (3.2m) والاخرى تقطع مسارا بصريا مقداره (3.05m) .

b- تقطع احدى الموجتين مسارا بصريا مقداره (3.2m) والاخرى تقطع مسارا بصريا مقداره (2.95m) .

الحل/

$$a- \quad \Delta\ell = \ell_2 - \ell_1 = 3.2 - 3.05 = 0.15m$$

الاحتمال الاول

$$\Delta\ell = (m + \frac{1}{2})\lambda \Rightarrow 0.15 = (m + \frac{1}{2}) \times 0.1 \Rightarrow \frac{0.15}{0.1} = m + \frac{1}{2} \Rightarrow 1.5 = m + 0.5$$

$$\therefore m = 1.5 - 0.5 = 1$$

$\because$ m عدد صحيح لذلك فهي تحقق شرط التداخل الاتلاف .

الاحتمال الثاني :

$$\Delta\ell = m\lambda \Rightarrow 0.15 = m \times 0.1 \Rightarrow m = \frac{0.15}{0.1} = 1.5$$

$\because$ m كسر لذلك فهي لا تحقق شرط التداخل البناء .

$$b- \quad \Delta\ell = \ell_2 - \ell_1 = 3.2 - 2.95 = 0.25m$$

الاحتمال الاول

$$\Delta\ell = (m + \frac{1}{2})\lambda \Rightarrow 0.25 = (m + \frac{1}{2}) \times 0.1 \Rightarrow \frac{0.25}{0.1} = m + \frac{1}{2} \Rightarrow 2.5 = m + 0.5$$

$$\therefore m = 2.5 - 0.5 = 2$$

$\because$ m عدد صحيح لذلك فهي تحقق شرط التاخل الاتلاف .

الاحتمال الثاني :

$$\Delta\ell = m\lambda \Rightarrow 0.25 = m \times 0.1 \Rightarrow m = \frac{0.25}{0.1} = 2.5$$

$\because$ m كسر لذلك فهي لا تحقق شرط التداخل البناء .

### فكر/ ص161

في حالة استعمالك لضوء لضوء احمر في تجربة يونك ستشاهد ان المسافات بين هُدب التداخل اكبر مما هي عليه في حالة استعمال الضوء الازرق ، لماذا ؟

**الجواب/**

لان الطول الموجي للضوء الاحمر اكبر من الطول الموجي للضوء الازرق ( $\lambda_r > \lambda_b$ ) وحيث ان المسافة بين هُدب التداخل (فاصلة الهدب) تتناسب طرديا مع الطول الموجي لذلك فان فاصلة الهدب للضوء الاحمر اكبر من فاصلة الهدب للضوء الازرق ( $\Delta y_r > \Delta y_b$ ) وفقا للعلاقة الاتية :

$$\Delta y = \frac{L\lambda}{d} \Rightarrow \Delta y \,\alpha\, \lambda$$

**فكر/ ص162**

هل ان الهدب المضيء الثالث $(m = -3)$ يعطي الطول الموجي نفسه .

**الجواب/**

نعم يعطي الطول الموجي نفسه فعندما $(m = -3)$ فان $(y_m = -9.49\times10^{-3}m)$.

$$\lambda = \frac{y_m\, d}{m\, L} = \frac{-9.49\times10^{-3}\times0.2\times10^{-3}}{-3\times1} = \frac{1898}{3}\times10^{-9} = 633\times10^{-9}m = 633nm$$

## واجبات الفصل

**مثال1/** استخدم ضوء أحادي اللون طول موجته (400nm) في تجربة يونك فإذا كان البعد بين الشقين (1.5mm) والبعد بين هدابين متتاليين من نوع واحد هي (0.8mm) احسب المسافة بين الشاشة وكل من الشقين .
ج/ (3m)

**مثال2/** شقان ضيقان المسافة بينهما (0.03mm) اسقط عليهما ضوء أحادي الطول الموجي فكان الهدب المضيء الخامس على بعد (14cm) عن الهدب المركزي فإذا كان بعد الشاشة عن الشقين (2m) احسب طول موجة الضوء المستعمل .
ج/ (420nm)

**مثال3/** سقط ضوء طوله الموجي (400nm) على شق ضيق يضيء شقين (تجربة يونك) المسافة بينهما (2mm) فإذا كانت المسافة بين كل هدبين متتاليين (1mm) فما بعد الشاشة عن كل من الشقين ؟
ج/ (5m)

**مثال4/** سقط ضوء أحادي اللون طوله الموجي (600nm) على شقين البعد بينهما (0.3mm) وبعد الشاشة عن كل من الشقين (0.5m) . احسب البعد بين الهدب المعتم الثاني والهدب المعتم الثالث في نمط التداخل الناتج .
ج/ (1mm)

**مثال5/** في تجربة يونك كان البعد بين الشقين (0.02cm) فعلى أي بعد يجب وضع الشاشة عندما يتكون الهدب المضيء الثالث والذي يبعد عن الهدب المركزي (0.6cm) علماً بان طول موجة الضوء المستخدم في التجربة $(5\times10^{-5}cm)$ ؟ ج/ (0.8m)

**مثال6/** في تجربة يونكَ إذا كان البعد بين الشقين والشاشة (120cm) وكان البعد بين هدبين مضيئين متتاليين (3mm) والطول الموجي للضوء المستخدم الأحادي اللون (500nm) احسب البعد بين الشقين . ج/ (0.2mm)

**مثال7/** أجريت تجربة يونك باستخدام ضوء الصوديوم الذي يبلغ طوله الموجي (589nm) فإذا كانت الشاشة تبعد (1m) عن الشقين وكان البعد بين الهدب المركزي والهدب المضيء رقم (20) يساوي (11.78mm) احسب البعد بين الشقين . ج/ (1mm)

**مثال8/** استخدم شعاع ليزر طول موجته (630nm) في تجربة يونك وكان البعد بين الشقين (0.2mm) وبعد الشاشة عن الشقين (5m) احسب البعد بين الهدب المركزي والهدب المضيء الأول . (ج/ 15.75mm)

**مثال9/** إذا كان البعد بين الشقين (0.02cm) وبعد الشاشة عنهما (100cm) وبعد الهدب المضيء الثالث عن الهدب المركزي (0.45cm) . احسب الطول الموجي للضوء المستخدم (ج/ 300nm)

**مثال/10** سقط ضوء طوله الموجي (600nm) على شقين ضيقين (تجربة يونك) البعد بينهما (5mm) وكان بعد الشاشة عن كل من الشقين (80cm) احسب :
1- بعد مركز الهُدب المضيء الثاني عن الهُدب المركزي .
2- بعد مركز الهدب المعتم الثاني عن الهدب المركزي .
3- البعد بين مركزي هُدابين متجاورين في نمط التداخل المتكون على الشاشة.
ج/ ($192\times10^{-6}$m , $144\times10^{-6}$m , $96\times10^{-6}$m)

**مثال/11** في تجربة يونك كان البعد بين الشقين (0.27mm) وطول موجة الضوء المستعمل (540nm) وبعد الشاشة عن الشقين (1.2m) احسب:
1- بعد الهدب المضيء الثالث عن الهدب المركزي .
2- البعد بين هدابين متتاليين مضيئين أو مظلمين . ج/ (7.2mm , 2.4mm)

**مثال/12** احسب الطول الموجي للضوء الاحادي اللون المستخدم في تجربة يونك اذا كان الهُداب الذي يكون فيه فرق المسار البصري بين الموجتين المتداخلتين والصادرتين عن الشقين ($3\lambda$) يبعد (0.45cm) عن الهُداب المركزي والبعد بين الشقين 0.02cm وبعد الشاشة عنهما (100cm) ثم احسب البعد بين مركزي هُدابين مضيئين متتالين في نمط التداخل. ج/ (300nm , 1.5mm)

**مثال/13** سقط ضوء ليزر على شقين ضيقين البعد بينهما (0.8mm) وبعدهما عن الشاشة (2m) . فإذا كان البعد بين الهدب المركزي والمضيء الثاني يساوي (3.15mm) احسب :
1- الطول الموجي للضوء المستعمل 2- تردده ج/ (630nm , $0.0476\times10^{16}$Hz)

**مثال/14** سقط ضوء أحادي اللون على شقين البعد بينهما (0.5mm) ويبعدان (1m) عن الشاشة . فإذا كان البعد بين الهدب المركزي والمضيء الأول (1mm) احسب :
1- الطول الموجي وتردد الضوء المستخدم 2- البعد بين الهدب المعتم الثاني والهدب المركزي
3- زاوية انحراف الهدب المعتم الثاني .
ج/ (500nm , $6\times10^{14}$Hz , 1.5mm , 56.3°)

**مثال/15** سقط ضوء طوله الموجي (600nm) على شقين ضيقين متوازيين (تجربة يونك) وعند استبدال هذا الضوء بآخر وجد أن الرتبة الثانية المضيئة للضوء الأول تنطبق في موقعها على الرتبة الثالثة المضيئة للضوء الثاني فما هو طول موجة الضوء الثاني ؟ ج/ (400nm)

**مثال/16** سقط ضوء طوله الموجي (600nm) على شقين ضيقين متوازيين (تجربة يونك) وعند استبدال هذا الضوء بآخر وجد أن الرتبة الرابعة المضيئة للضوء الثاني تنطبق في موقعها على الرتبة الثالثة المضيئة للضوء الأول فما هو طول موجة الضوء الثاني ؟ ج/ (450nm)

**مثال/17** سقط ضوء على شقين ضيقين متوازيين (تجربة يونك) وعند استبدال هذا الضوء بآخر طوله الموجي (500nm) وجد أن الرتبة الثامنة المظلمة للضوء الثاني تنطبق في موقعها على الرتبة الخامسة المضيئة للضوء الأول فما هو طول موجة الضوء الاول؟ ج/ (750nm)

**مثال/18** سقط ضوء طوله الموجي 450nm على شقين ضيقين متوازيين (تجربة يونك) وعند استبدال هذا الضوء بآخر وجد أن الرتبة الخامسة المظلمة للضوء الثاني تنطبق في موقعها على الرتبة الرابعة المضيئة للضوء الأول فما هو طول موجة الضوء الثاني ؟ ج/ (400nm)

**مثال**/19 سقط ضوء ذو طول موجي (500nm) على شقين ضيقين فتكون نمط التداخل على شاشة بحيث كان الهدب المضيء الثالث يبعد مسافة قدرها (7.5mm) عن الهدب المركزي . كم تصبح تلك المسافة إذا ابدل الضوء بآخر طوله الموجي (400nm) وبقيت الشاشة والشقين على حالهما ؟ ج/ (6mm)

**مثال**/20 ما قياس زاوية حيود الهداب المضيء الثاني المتولد باستعمال محزز حيود درجته (4000line/cm) إذا كان طول موجة الضوء الساقط (625nm) . وما عدد الصور المضيئة التي يمكن مشاهدتها .
ج/ ($30^o$ , 9)

**مثال**/21 ما مقدار زاوية حيود صورة المرتبة الثالثة في محزز حيود عدد حزوزه (8000line/cm) إذا كان طول موجة الضوء الساقط عليه (250nm) . ج/ ($37^o$)

**مثال**/22 ما مقدار زاوية حيود الصورة الخامسة المضيئة في محزز حيود عدد حزوزه (6000line/cm) إذا كان تردد الضوء الساقط عليه ($1.5\times10^{15}$Hz) . ج/ ($37^o$)

**مثال**/23 سقط ضوء أحادي اللون طوله الموجي (625nm) على محزز حيود فكانت زاوية حيود صورة المرتبة الأولى ($30^o$) ما طول موجة ضوء آخر يستخدم مع نفس المحزز ليكون صورة للمرتبة الثانية بزاوية حيود ($53^o$) .
ج/ (500nm)

**مثال**/24 محزز للحيود عدد حزوزه (5000line/cm) فاذا كانت زاوية حيود صورة الرتبة الثانية في الطيف الناتج ( $30^0$) جد زاوية حيود صورة الرتبة الرابعة ؟ ج/ ($90^o$)

**مثال**/25 اذا كان عدد الصور المضيئة على الشاشة نتيجة لسقوط ضوء احادي اللون طول موجته (500nm) على محزز للحيود (9) صور فما هي درجة المحزز؟ ج/ (5000line/cm)

**مثال**/26 سقط ضوء طوله الموجي 500nm على شقين ضيقين (تجربة يونك) البعد بينهما (1mm) وكان بعد الشاشة عن كل من الشقين (2m) احسب البعد بين مركزي هدابين مضيئين متتاليين في نمط التداخل المتكون على الشاشة . ولو سقط الضوء نفسه على محزز للحيود عدد حزوزه (10000line/cm) فما زاوية حيود صورة الرتبة الاولى في الطيف الناتج؟
ج/ ($10^{-3}$m , $30^o$)

**مثال**/27 سقط ضوء احادي اللون على شقين متوازيين البعد بينهما (0.2mm) (تجربة يونك) فشوهد هداب التداخل على شاشة تبعد (100cm) عن الشقين فاذا كان البعد بين هدابين متجاورين (3mm) جد الطول الموجي للضوء الساقط . ولو سقط الضوء نفسه على محزز للحيود عدد حزوزه (5000line/cm) فما هي زاوية حيود صورة الرتبة الثانية في الطيف الناتج ؟ ج/ (600nm , $37^o$)

**مثال**/28 سقط ضوء احادي اللون طول موجته (500nm) على شقين ضيقين (تجربة يونك) وكان البعد بين الشقين (2.5mm) وبين الشقين والشاشة (2m) جد البعد بين مركز الهداب المضيء الثالث والهداب المركزي والبعد بين مركز الهداب المعتم الثاني والهداب المركزي ثم جد البعد بين هدابين مضيئين متجاورين . ولو سقط الضوء نفسه على محزز للحيود عدد حزوزه (5000line/cm) جد زوايا الحيود للمرتبة الثانية والمرتبة الرابعة المضيئة .

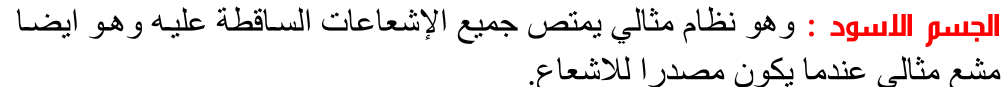
ج/ $(12\times10^{-4}mm\ ,\ 6\times10^{-4}mm\ ,\ 4\times10^{-4}mm\ ,\ \theta=30^\circ\ ,\ \theta=90^\circ)$

## نظرية الكم (اشعاع الجسم الأسود وفرضية بلانك):

من المعلوم انه تنبعث من جميع الأجسام أشعة حرارية بشكل موجات كهرومغناطيسية الى الوسط المحيط كما ان هذه الأجسام تمتص ايضا اشعاع حراري من هذا الوسط.

س/ لماذا أصبحت النظرية الكلاسيكية (النظرية الموجية) للاشعاع الحراري غير مناسبة؟

ج/ لانها فشلت في تفسير او فهم توزيع الاطوال الموجية من الاشعاع الصادر من الجسم الاسود.



**الجسم الاسود :** وهو نظام مثالي يمتص جميع الإشعاعات الساقطة عليه وهو ايضا مشع مثالي عندما يكون مصدرا للاشعاع.

ويمكن تمثيله عمليا بفتحة ضيقة داخل فجوة او جسم اجوف.

س/ علامَ تعتمد طبيعة الأشعة المنبعثة من الجسم الأسود؟

ج/ تعتمد على درجة الحرارة المطلقة لجدران الجسم الأسود.

### قوانين الجسم الأسود :

1- **قانون ستيفان – بولتزمان :** ان المعدل الزمني للطاقة لوحدة المساحة (الشدة) التي يشعها الجسم الاسود تتناسب طرديا مع المساحة تحت المنحني وان المساحة تحت المنحني تتناسب طرديا مع الاس الرابع لدرجة الحرارة المطلقة (عدا الصفر المطلق).

**ويعبر عن قانون ستيفان بولتزمان رياضيا بالعلاقة الاتية :**

$$\therefore\ I \alpha T^4 \quad \Rightarrow \quad I = \sigma T^4$$

حيث :

I : شدة الإشعاع المنبعث من الجسم الاسود بوحدة $(w/m^2)$.

T : درجة الحرارة المطلقة بوحدة الكَلفن (K).

σ : ثابت ستيفان – بولتزمان حيث $(\sigma = 5.67 \times 10^{-8}\ w/m^2.K^4)$

2- **قانون الازاحة لفن :** ان ذروة التوزيع الموجي للاشعاع المنبعث من الجسم الأسود تنزاح نحو الطول الموجي الأقصر عند ارتفاع درجة الحرارة المطلقة (تناسب عكسي) .

**ويعبر عن قانون الازاحة لفن رياضيا بالعلاقة الاتية :**

$$\therefore\ \lambda_m\ \alpha\ \frac{1}{T} \quad \Rightarrow \quad \lambda_m = \frac{2.898 \times 10^{-3}}{T} \quad \Rightarrow \quad \lambda_m T = 2.898 \times 10^{-3}$$

حيث :

$\lambda_m$ : الطول الموجي المقابل لاقصى شدة اشعاع (الطول الموجي المقابل لذروة المنحني) ويقاس بوحدة المتر (m).

T : درجة الحرارة المطلقة للجسم المشع وتقاس بوحدة الكَلفن (K).

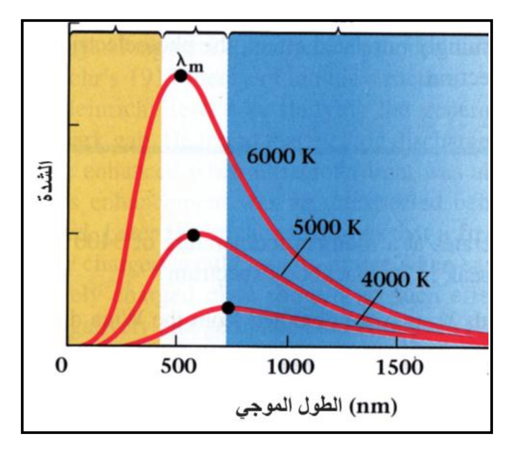
### تذكر :

**للتحويل من درجة سليزية (°C) إلى درجة مطلقة (T) بوحدة الكَلفن(K) او بالعكس نستخدم العلاقة الاتية:**

$$T = {}^{\circ}C + 273$$

**س/ بين برسم بياني كيفية توزيع طاقة اشعاع الجسم الاسود عند ارتفاع درجة حرارته؟**

منطقة الاشعة تحت الحمراء    منطقة    منطقة
الاشعة
الطيف




س/ علام تعتمد شدة الاشعاع المنبعث من الجسم الاسود ؟
ج/ تعتمد على الاس الرابع لدرجة الحرارة المطلقة اعدا الصفر المطلق (تناسب طردي) .
س/ علام يعتمد الطول الموجي المقابل لاقصى شدة اشعاع منبعث من الجسم الاسود ؟
ج/ يعتمد على درجة الحرارة المطلقة (تناسب عكسي) .

**فرضية ماكس بلانك :** ان الجسم الاسود يمكن ان يشع ويمتص طاقة على شكل كمات محددة ومستقلة من الطاقة تسمى الفوتونات وهذا يعني ان الطاقة هي مكماة.

**وحسب فرضية ماكس بلانك فان طاقة الفوتون $(E)$ تعطى وفقا للعلاقة الاتية:**

$$E = h f$$

**وحسب المعادلة العامة للموجات الكهرومغناطيسية فان:**

$$c = f\lambda \quad \Rightarrow \quad f = \frac{c}{\lambda}$$

**لذلك يمكن حساب طاقة الفوتون كذلك بدلالة الطول الموجي وكما ياتي :**

$$E = \frac{hc}{\lambda}$$

حيث :
E : طاقة الفوتون وتقاس بوحدة الجول (J).
h : ثابت بلانك وقيمته تساوي ($h = 6.63\times10^{-34}$ J.s).
f : تردد الاشعاع (تردد الفوتون) ويقاس بوحدة الهرتز (Hz) حيث ($Hz = \frac{1}{sec}$).
c : سرعة الضوء في الفراغ وتساوي ($c = 3\times10^{8}$ m/s).
λ : طول موجة الاشعاع (طول موجة الفوتون) بوحدة متر (m) .

س/ علامَ تعتمد طاقة الفوتون الذي يمتصه او يشعه الجسم الاسود ؟
ج/ تعتمد على تردد الاشعاع (تناسب طردي) او طول موجة الاشعاع (تناسب عكسي) .

**مثال 1 (كتاب)/** جد الطول الموجي المقابل لذروة الاشعاع المنبعث من جسم الانسان عندما تكون درجة حرارة جلده (35°C) . افترض ان جسم الانسان يشع كجسم اسود.

الحل

$$T = 273 + C = 273 + 35 = 308°K$$

$$\lambda_m T = 2.898 \times 10^{-3} \quad \Rightarrow \quad \lambda_m = \frac{2.898 \times 10^{-3}}{T} = \frac{2.898 \times 10^{-3}}{308} = 0.0094 \times 10^{-3} m$$

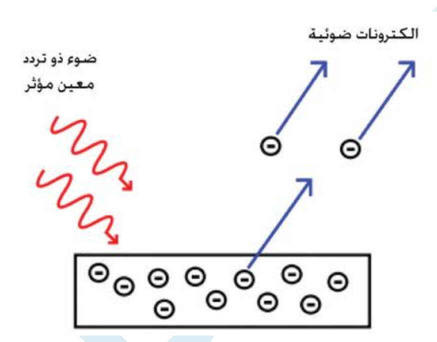
**الظاهرة الكهروضوئية :** هي ظاهرة انبعاث الكترونات من سطح معدن عندما يسقط عليه ضوء تردده معين مؤثر.
تسمى الالكترونات المنبعثة من سطح المعدن بالالكترونات الضوئية . ومن الجدير بالذكر ان اول من لاحظ هذه الظاهرة عمليا هو العالم هرتز عام (1887).

**التردد المؤثر للضوء :** هو التردد الذي يولد الانبعاث الكهروضوئي للالكترونات ويكون اكبر من او يساوي تردد العتبة للمعدن المضاء.

**التردد غير المؤثر :** هو التردد الذي لا يولد الانبعاث الكهروضوئي للالكترونات ويكون اقل من تردد العتبة للمعدن المضاء.

س/ ارسم شكلا تخطيطيا يوضح انبعاث الالكترونات الضوئية من سطح معدن ما .

ج/

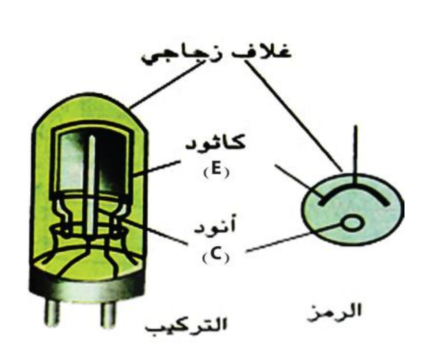



س/ علامَ تعتمد الظاهرة الكهروضوئية ؟

ج/ تعتمد على تردد الضوء الساقط فيما اذا كان مؤثرا ام لا .

س/ ارسم شكلا تخطيطيا للخلية الكهروضوئية مؤشرا على الاجزاء .

ج/



س/ ما هو تركيب الخلية الكهروضوئية ؟

ج/ تتركب الخلية الكهروضوئية من انبوبة مفرغة من الهواء لها نافذة شفافة (او غلاف) من الزجاج او الكوارتز لكي تسمح بمرور الضوء المرئي او الاشعة فوق البنفسجية من خلالها وتحتوي على لوحين معدنيين هما :

1- اللوح الباعث للالكترونات او المهبط (كاثود) (E) الذي يتصل بالقطب السالب لمصدر فولطية مستمرة (يمكن تغيير جهده) وهو القطب الذي نسقط عليه الأشعة الضوئية او اية أشعة مؤثرة

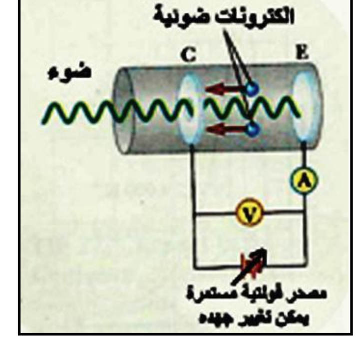
2- اللوح الجامع للالكترونات او المصعد (انود) (C) والذي يتسلم الالكترونات الضوئية المنبعثة من الكاثود ويتصل بالقطب الموجب لمصدر الفولطية.

س/ ما الفائدة العملية من الخلية الكهروضوئية؟

1- قياس شدة الضوء 2- تحويل الطاقة الضوئية إلى طاقة كهربائية.

س/ اشرح نشاط لدراسة الظاهرة الكهروضوئية .

## أدوات النشاط :




خلية كهروضوئية ، فولطميتر (V) ، اميتر (A) ، مصدر فولطية مستمرة يمكن تغيير جهده ، اسلاك توصيل ، مصدر ضوئي .

## خطوات النشاط :

- نربط الدائرة الكهربائية كما في الشكل (5) .
- عند وضع الأنبوبة بالظلام نلاحظ قراءة الاميتر تساوي صفرا أي لا يمر تيار في الدائرة الكهربائية.
- عند اضاءة اللوح الباعث للالكترونات بضوء ذي تردد مؤثر نلاحظ انحراف مؤشر الاميتر دلالة على مرور تيار كهربائي في الدائرة الكهربائية ان هذا التيار يظهر نتيجة انبعاث الالكترونات الضوئية من اللوح الباعث (السالب) ليستقبلها اللوح الجامع (الموجب) فينساب التيار الكهروضوئي في الدائرة الكهربائية .
- عند زيادة الجهد الموجب للوح الجامع (أي بزيادة فرق الجهد ($\Delta V$) بين اللوحين الجامع والباعث) نلاحظ زيادة التيار الكهروضوئي حتى يصل إلى مقداره الاعظم الثابت وبذلك يكون المعدل الزمني للالكترونات الضوئية المنبعثة من اللوح الباعث والواصلة إلى اللوح الجامع مقدارا ثابتا فيسمى التيار في الدائرة الكهربائية في هذه الحالة بتيار الاشباع .
- وعند زيادة شدة الضوء الساقط لتردد معين مؤثر فان تيار الاشباع يزداد فلو تضاعفت شدة الضوء الساقط فان تيار الاشباع يتضاعف ايضا.
- في حالة عكس قطبية فولطية المصدر أي في حالة ان يكون اللوح الباعث موجبا واللوح الجامع سالبا و ($\Delta V$) سالبا سوف يهبط تدريجيا التيار إلى قيم اقل لان معظم الالكترونات الضوئية سوف تتنافر مع اللوح الجامع السالب وتصل فقط الالكترونات الضوئية التي لها طاقة حركية اكبر من القيمة ($e\,\Delta V$) إلى اللوح الجامع .
- عند زيادة سالبية اللوح الجامع تدريجيا فانه وعند قيمة جهد معين ($V_s$) أي عندما ($\Delta V = -V_s$) فاننا نلاحظ ان تيار الدائرة يساوي صفر ، ان هذا الجهد يسمى جهد القطع او الايقاف .

**التيار الكهروضوئي :** هو تيار يتولد في الخلية الكهروضوئية نتيجة لحركة الالكترونات الضوئية من اللوح الباعث باتجاه اللوح الجامع عند سقوط ضوء تردده مؤثر ويعتمد على شدة الضوء الساقط.

**تيار الاشباع :** هو تيار يتولد في الخلية الكهروضوئية عندما يكون المعدل الزمني لعدد الالكترونات الضوئية المنبعثة من اللوح الباعث باتجاه اللوح الجامع مقدار ثابت.

س/ من خلال دراستك لنشاط الظاهرة الكهروضوئية ، ماذا يحصل :
اولا : عند زيادة شدة الضوء الساقط (لتردد معين مؤثر) .
ثانيا : في حالة عكس قطبية فولطية المصدر ، اي في حالة ان يكون اللوح الباعث موجبا واللوح الجامع سالب ($\Delta V$) سالبة .
ثالثا : عند زيادة سالبية جهد اللوح الجامع تدريجيا .
ج/ اولا : يزداد تيار الاشباع . ثانيا : يهبط التيار تدريجيا الى اقل قيم. ثالثا : يقل التيار المار في الدائرة الى الصفر.
س/ في نشاط الظاهر الكهروضوئية ما الذي يجعل تيار الدائرة يهبط الى قيم اقل عند عكس قطبية فولطية المصدر؟
ج/ لان معظم الالكترونات الضوئية سوف تتنافر مع اللوح الجامع السالب وتصل فقط الالكترونات الضوئية التي لها طاقة اكبر من القيمة ($e\Delta V$) الى اللوح الجامع .
س/ عند وضع انبوبة الخلية الكهروضوئية في الظلام لماذا لم نلاحظ انحراف مؤشر الاميتر المربوط في الدائرة؟
ج/ لعدم انبعاث الالكترونات الضوئية من اللوح الباعث باتجاه اللوح الجامع وبالتالي لا ينساب تيار في الدائرة.
س/ علامَ يدل مرور التيار في الاميتر في تجربة الظاهرة الكهروضوئية ؟
ج/ يدل على انبعاث الالكترونات الضوئية من اللوح الباعث (السالب) ليستقبلها اللوح الجامع (الموجب) .

**جهد القطع او الايقاف:** هو اقل جهد سالب يعطى للوح الجامع في الخلية الكهروضوئية والذي يجعل التيار الكهروضوئي يساوي صفر ويعتبر مقياس للطاقة الحركية العظمى للالكترونات الضوئية المنبعثة ولا يعتمد على شدة الضوء الساقط ويقاس بالفولط.

**يحسب جهد القطع او الايقاف من العلاقة الرياضية الاتية :**

$$V_s = \frac{KE_{max}}{e}$$

**لذلك كلما زاد جهد القطع (زادت سالبية اللوح الجامع) فان الالكترونات الضوئية تحتاج طاقة حركية اكبر للوصول إلى اللوح الجامع .**

❖ **يعبر عن الطاقة الحركية العظمى للالكترونات الضوئية المنبعثة بالعلاقات الرياضية الاتية :**

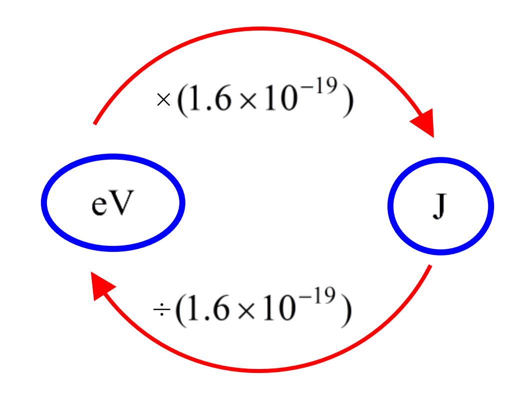
$$KE_{max} = V_s e \quad \text{or} \quad (KE)_{max} = \frac{1}{2} m_e v_{max}^2$$

حيث :
$KE_{max}$ : الطاقة الحركية العظمى للالكترون المنبعث وتقاس بوحدة الجول (J).
e : شحنة الالكترون بوحدة الكولوم (C) حيث ($e=1.6\times10^{-19}C$) .
$V_s$ : جهد القطع او الايقاف بوحدة الفولط (V) .
$m_e$ : كتلة الالكترون المنبعث بوحدة (kg) حيث ($m_e=9.11\times10^{-31}kg$) .
$v_{max}$ : الانطلاق الاعظم للالكترونات الضوئية المنبعثة بوحدة (m/s) .

**ملاحظة/** يمكن ان تقاس الطاقة الحركية العظمى للالكترونات الضوئية المنبعثة بوحدة اخرى غير الجول وهي الالكترون – فولط (eV). وان كل :

$1eV=1.6\times10^{-19}J$

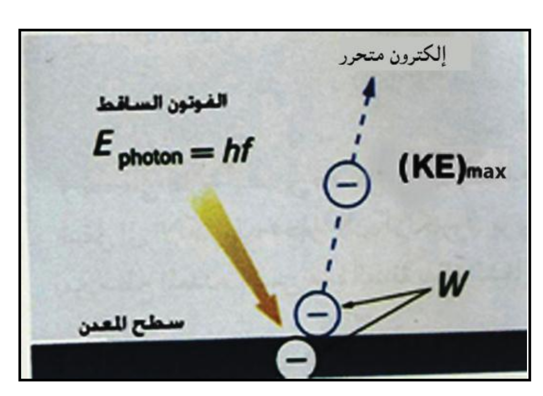
لذلك للتحويل من :




س/ علامَ يعتمد جهد القطع؟
ج/ يعتمد على : 1- تردد الضوء الساقط 2- نوع مادة سطح المعدن الباعث.
س/ لماذا لا يعتمد جهد الايقاف في الخلية الكهروضوئية على شدة الضوء الساقط ؟
ج/ لان جهد الايقاف يعتمد على الطاقة الحركية العظمى للالكترون المنبعث وهي تعتمد على تردد الضوء الساقط وعلى دالة الشغل (او تردد العتبة) للمعدن.
س/ جهد الايقاف للون الاخضر اكبر من جهد الايقاف للون الاحمر.لماذا؟
ج/ لان تردد اللون الاخضر اكبر من تردد اللون الاحمر وبالتالي كلما زاد تردد الضوء الساقط على سطح المعدن كلما زادت الطاقة الحركية العظمى للالكترونات المنبعثة لذلك تحتاج جهد سالب اكبر لايقافها.
**س/ ما هي الحقائق التي اتضحت من تجربة الظاهرة الكهروضوئية والتي عجزت عن تفسيرها الفيزياء الكلاسيكية (النظرية الموجية للضوء) ؟**
1- لا تنبعث الالكترونات الضوئية اذا كان تردد الضوء الساقط اقل من تردد معين يسمى تردد العتبة $(f_o)$ اذ ان لكل معدن تردد عتبة خاص به . ان هذه الحقيقة لا تتفق مع النظرية الموجية والتي تتنبأ بان الظاهرة الكهروضوئية تحصل عند جميع الترددات بشرط ان تكون شدة الضوء الساقط عالية.
2- الطاقة الحركية العظمى للالكترونات الضوئية المنبعثة $(KE)_{max}$ لا تعتمد على شدة الضوء الساقط ولكن طبقا للنظرية الموجية فان الضوء ذا الشدة العالية يحمل طاقة اكثر للمعدن في الثانية الواحدة ولذلك فان الالكترونات الضوئية المنبعثة سوف تمتلك طاقة حركية اكبر.
3- الطاقة الحركية العظمى للالكترونات الضوئية المنبعثة تزداد بزيادة تردد الضوء الساقط . بينما تتنبأ النظرية الموجية بانه لا توجد علاقة بين طاقة الالكترونات الضوئية المنبعثة وتردد الضوء الساقط .
4- تنبعث الالكترونات الضوئية من سطح المعدن انيا (في اقل من $10^{-9}s$) بعد اضاءة السطح) حتى وان كانت شدة الضوء الساقط قليلة . ولكن حسب النظرية الموجية فان الالكترونات الضوئية تحتاج بعض الوقت حتى تمتص الضوء الساقط إلى ان تكتسب طاقة حركية كافية لكي تهرب من المعدن.
س/ قارن بين حقائق الظاهرة الكهروضوئية وتفسير النظرية الموجية للانبعاث الكهروضوئي للالكترونات.

| ت | حقائق الظاهرة الكهروضوئي | تفسير النظرية الموجية |
|---|---|---|
| 1 | لا تنبعث الالكترونات اذا كان تردد الضوء الساقط اقل من تردد العتبة للمعدن | تحصل الظاهرة الكهروضوئية عند جميع الترددات على ان تكون شدة الضوء الساقط عالية. |
| 2 | الطاقة الحركية العظمى للالكترونات الضوئية المنبعثة لا تعتمد على شدة الضوء الساقط . | الضوء ذو الشدة العالية يحمل طاقة اكبر للمعدن في الثانية الواحدة لذلك فالالكترونات الضوئية المنبعثة سوف تمتلك طاقة حركية اكبر. |
| 3 | الطاقة الحركية العظمى للالكترونات الضوئية المنبعثة تزداد بزيادة تردد الضوء الساقط. | لا توجد علاقة بين الطاقة الحركية العظمى للالكترونات الضوئية المنبعثة وتردد الضوء الساقط. |
| 4 | تنبعث الالكترونات الضوئية انيا بعد اضاءة السطح حتى وان كانت شدة الضوء الساقط قليلة. | الالكترونات الضوئية تحتاج بعض الوقت حتى تمتص الضوء الساقط الى ان تكتسب طاقة حركية كافية لكي تهرب من المعدن. |

## المعادلة الكهروضوئية لاينشتاين:




في عام 1905م استطاع العالم اينشتاين ان يفسر الظاهرة الكهروضوئية اعتمادا على نظرية الكم لماكس بلانك بان الضوء يسقط على المعدن بشكل فوتونات وان كل الكترون يمتص طاقة فوتون واحد (E) ثم ينجز شغلا مقداره دالة الشغل (w) لفك ارتباطه بالمعدن وبقية الطاقة والتي تساوي (E – W) تظهر بشكل طاقة حركية .

**لذلك وحسب تفسير اينشتاين يعبر عن الطاقة الحركية العظمى للالكترونات الضوئية المنبعثة بالعلاقة الرياضية الاتية :**

**المعادلة الكهروضوئية**

$$(KE)_{max} = E - w$$

حيث :

$KE_{max}$ : الطاقة الحركية العظمى للالكترون المنبعث بوحدة جول (J) او (ev).

$$KE_{max} = V_s e \quad or \quad KE_{max} = \frac{1}{2} m_e v_{max}^2 \quad \text{(بوحدة جول)}$$

E : طاقة الفوتون الساقط بوحدة جول (J) او (ev) .

$$E = hf \quad or \quad E = \frac{hc}{\lambda} \quad \text{(بوحدة جول)}$$

w : دالة الشغل للمعدن (وهي اقل طاقة يرتبط بها الالكترون بالمعدن وقيمتها بحدود بضعة الكترون – فولط (eV).

$$w = hf_o \quad or \quad w = \frac{hc}{\lambda_o}$$

اذ ان :

$f_o$ : تردد العتبة : **(وهو اقل تردد للضوء الساقط يولد الانبعاث الكهروضوئي لذلك المعدن وهو يعد خاصية مميزة للمعدن المضاء اذ ان لكل معدن تردد عتبة خاصا به . ويقاس بالهرتز(Hz)) .**

- من تعريف تردد العتبة نجد ان تردد الضوء الساقط اذا كان اقل من تردد العتبة لا تنبعث الكترونات ضوئية من سطح معدن معين.

$\lambda_o$ : طول موجة العتبة : **(وهو اطول طول موجة للضوء الساقط يستطيع تحرير الالكترونات الضوئية من سطح معدن معين).**

- من تعريف طول موجة العتبة نجد ان طول موجة الضوء الساقط اذا كان اطول من الطول الموجي للعتبة لا تنبعث الكترونات ضوئية من سطح معدن معين أي ان الاطوال الموجية الاطول من ($\lambda_o$) والساقطة على معدن يمتلك دالة شغل (w) لا تؤدي إلى انبعاث الكترونات ضوئية.

❖ **ان العلاقة بين تردد العتبة وطول موجة العتبة تحددها المعادلة العامة للموجات الكهرومغناطيسية وكما يلي :**

$$c = f_o \lambda_o$$

س/ كيف استطاع انشتاين تفسير الظاهرة الكهروضوئية والتي عجزت عن تفسيرها الفيزياء الكلاسيكية؟

ج/ استطاع تفسير هذه الظاهرة على وفق المعادلة الكهروضوئية مستندا إلى نظرية الكم لماكس بلانك وكما ياتي:

1- تحصل الظاهرة الكهروضوئية اذا كانت طاقة الفوتون (hf) اكبر من او تساوي دالة شغل المعدن (w) (او تردد الضوء الساقط اكبر من او يساوي تردد العتبة للمعدن) ولا تحصل هذه الظاهرة اذا كانت طاقة الضوء الساقط اقل من دالة الشغل (او تردد الضوء الساقط اقل من تردد العتبة) لان كل الكترون يمتص طاقة فوتون واحد فاذا لم يتحقق الشرط فلا يتحرر او ينبعث الالكترون مهما زادت شدة الضوء الساقط وهذا يدعم وجود تردد العتبة . اما اذا كانت طاقة الفوتون الساقط تساوي دالة الشغل للمعدن (او تردد الضوء الساقط يساوي تردد العتبة للمعدن) فان الالكترونات فقط تتحرر من سطح المعدن من غير ان تكتسب طاقة حركية $[(KE)_{max}=0]$.

2- وفقا للعلاقة : $(KE)_{max}=hf-w$

يمكن ملاحظة ان الطاقة الحركية العظمى للالكترونات الضوئية المنبعثة تعتمد فقط على تردد الضوء الساقط ودالة الشغل (او تردد العتبة) للمعدن ولا تعتمد على شدة الضوء الساقط لان امتصاص فوتون واحد يكون مسؤولا عن تغير الطاقة الحركية للالكترون.

3- بما ان العلاقة بين $(KE)_{max}$ و (f) هي علاقة خطية (طردية) حسب العلاقة : $(KE)_{max}=hf-w$ لذلك تزداد الطاقة الحركية العظمى للالكترونات الضوئية بزيادة التردد .

4- تنبعث الالكترونات الضوئية من سطح المعدن لحظيا بغض النظر عن شدة الضوء الساقط .

## تذكر:

اذا كان :

1 - $(f>f_o)$ او $(\lambda<\lambda_o)$ فان $(E>w)$ لذلك يحصل انبعاث كهروضوئي للالكترونات وبطاقة حركية اكبر من صفر $(KE_{max}>0)$.

2- $(f=f_o)$ او $(\lambda=\lambda_o)$ فان $(E=w)$ لذلك يحصل تحرير للالكترونات من سطح المعدن وبطاقة حركية تساوي صفر $(KE_{max}=0)$ .

3- $(f<f_o)$ او $(\lambda>\lambda_o)$ فان $(E<w)$ لا يحصل انبعاث كهروضوئي للالكترونات مهما زادت شدة الضوء الساقط او طال زمن سقوطه .

س/ وضح برسم بياني العلاقة بين الطاقة الحركية العظمى للالكترونات الضوئية المنبعثة من سطح معدن وتردد الضوء الساقط وما الذي يمثله :

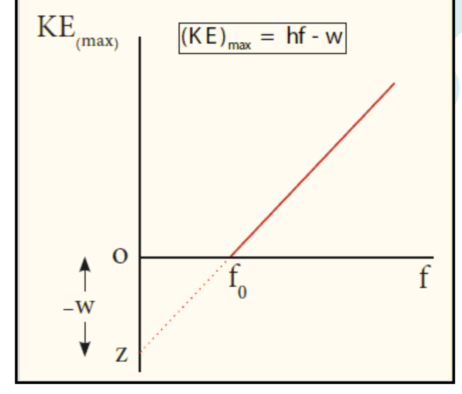
1- نقطة تقاطع الخط المستقيم مع المحور x  2- ميل الخط المستقيم  3- المقطع السالب للاحداثي y .

ج/

1- ان نقطة تقاطع الخط المستقيم مع المحور x تمثل قيمة تردد العتبة $(f_o)$ للمعدن .

2- ميل الخط المستقيم يمثل قيمة ثابت بلانك (h).

3- المقطع السالب للاحداثي y يمثل قيمة دالة الشغل للمعدن.




## تطبيقات الظاهرة الكهروضوئية:

س/ ما اهم تطبيقات الظاهرة الكهروضوئية؟

1- الخلية الكهروضوئية والتي بوساطتها يمكننا قياس شدة الضوء وتحويل الطاقة الضوئية إلى طاقة كهربائية كما في الخلايا الشمسية.

2- تستثمر في كاميرات التصوير الرقمية.

3- اظهار تسجيل الموسيقى المصاحبة لصور الافلام المتحركة السينمائية .

س/ علامَ تعتمد الطاقة الحركية العظمى للالكترونات الضوئية المنبعثة؟
ج/ تعتمد على :
1- تردد الضوء الساقط 2- دالة الشغل (او تردد العتبة) للمعدن.
س/ هل تعتمد الطاقة الحركية العظمى للالكترونات الضوئية المنبعثة على شدة الضوء الساقط؟ولماذا؟
ج/ كلا.لان امتصاص فوتون واحد يكون مسؤولا عن تغير الطاقة الحركية للالكترون.
س/ ماذا يحصل عند زيادة تردد الضوء الساقط لكل من ؟
1- جهد الايقاف 2- عدد الالكترونات الضوئية المنبعثة 3- التيار الكهروضوئي
4- السرعة العظمى للالكترونات المنبعثة.
ج/ 1- يزداد 2- لا يتأثر 3- لا يتأثر 4- تزداد على ان يكون التردد مؤثر.
س/ ما تاثير زيادة شدة الضوء الساقط بتردد ثابت مؤثر على سطح معدن معين على كل من ؟
طاقة الفوتون ، جهد الايقاف ، تيار الاشباع
ج/ طاقة الفوتون لا تتاثر بزيادة شدة الضوء الساقط ، جهد الايقاف لا يتاثر بزيادة شدة الضوء الساقط ، تيار الاشباع يزداد بزيادة شدة الضوء الساقط ويتناسب معه طرديا .
س/ كيف يمكن جعل التيار الكهروضوئي يساوي صفر؟
ج/ يمكن ذلك بطريقتين :
1- جعل جهد اللوح الجامع جهد سالب (جهد قطع او ايقاف)
2- بتسليط ضوء تردده غير مؤثر على سطح المعدن أي اقل من تردد العتبة لذلك المعدن او وضع انبوبة الخلية الكهروضوئية في الظلام.
س/ اضيء معدن باشعاع كهرومغناطيسي مؤثر ما الذي يحصل لكل من عدد الالكترونات والتيار الكهروضوئي وطاقة الالكترون عند مضاعفة :
1- شدة الضوء الساقط فقط 2- تردد الضوء الساقط فقط 3- شدة الضوء وتردده في ان واحد
ج/ 1- يتضاعف عدد الالكترونات ويتضاعف التيار الكهروضوئي فقط والطاقة لا تتاثر.
2- عدد الالكترونات والتيار الكهروضوئي يبقى ثابت اما طاقة الالكترون فتتضاعف بمضاعفة التردد .
3- كل من عدد الالكترونات والتيار الكهروضوئي وطاقة الالكترونات الضوئية تتضاعف .
س/ ما تاثير زيادة عدد الفوتونات الصادرة من مصدر احادي اللون في:
1- التيار الكهروضوئي 2- الطاقة الحركية العظمى للالكترونات الضوئية 3- جهد الايقاف
ج/ 1- يزداد 2- لا تتغير 3- لا يتاثر
س/ ما تاثير زيادة تردد الاشعاع في :
1- طاقة الفوتون 2- زخم الفوتون 3- جهد الايقاف 4- سرعة الالكترون الضوئي
ج/ 1- تزداد 2- يزداد 3- يزاد 4- تزداد
س/ ماذا يحصل ولماذا؟ اذا قرب المصدر الضوئي من الخلية الكهروضوئية في تجربة الانبعاث الكهروضوئي لكل من: 1- التيار الكهروضوئي 2- الطاقة الحركية العظمى للالكترون 3- جهد الايقاف
1- يزداد بسبب زيادة شدة الضوء الساقط والتي تؤدي إلى زيادة عدد الالكترونات الضوئية المنبعثة.
2- لا تتاثر لانها لا تعتمد على شدة الضوء الساقط وانما تعتمد على التردد.
3- يبقى ثابت لانه يعتمد على التردد والتردد ثابت.
س/ علامَ يدل انه في حالة من حالات الانبعاث الكهروضوئي وجد ان تردد الضوء الساقط مساوي إلى تردد العتبة للمعدن.
ج/ يدل على تحرر الالكترونات من سطح المعدن فقط دون ان تكتسب طاقة حركية.
س/ لماذا لا يحصل انبعاث كهروضوئي اذا كان تردد الضوء الساقط على سطح معدن اقل من تردد العتبة للمعدن؟
ج/ لان طاقة الفوتون الساقط اقل من دالة الشغل حسب المعادلة: $(KE)_{max} = E - w$
س/ ما تاثير زيادة تردد الضوء الساقط على سطح المعدن على شدة التيار الكهروضوئي؟ولماذا؟
ج/ لا تؤثر على شدة التيار لان زيادة التردد تؤدي إلى زيادة طاقة الفوتون الساقط ولا تؤثر على عدد الالكترونات المنبعثة لان كل الكترون يمتص طاقة فوتون واحد.

س/ في تجربة الانبعاث الكهروضوئي لسطح بعاث معين وضح كيف يتاثر جهد الايقاف بنقصان الطول الموجي للضوء الساقط بشدة معينة.
ج/ يزداد جهد الايقاف (يصبح بجهد سالب اكبر) لازدياد تردد الضوء الساقط .
س/ في تجربة الانبعاث الكهروضوئي لسطح بعاث معين وضح كيف يتاثر التيار الكهروضوئي بمضاعفة شدة الضوء الساقط بتردد مؤثر معين؟
ج/ يتضاعف التيار الكهروضوئي لان التيار الكهروضوئي يتناسب طرديا مع شدة الضوء الساقط على السطح بتردد مؤثر معين.
س/ ايهما اكثر طاقة فوتون الاشعة فوق البنفسجية ام فوتون الضوء الاصفر؟ولماذا؟ ايهما يمتلك زخم اكبر؟
ج/ فوتون الاشعة فوق البنفسجية يمتلك طاقة اكثر من فوتون الضوء الاصفر لان تردد الاشعة فوق البنفسجية اكبر من تردد الضوء الاصفر وان طاقة الفوتون تتنسب طرديا مع التردد $(E=hf)$.
فوتون الاشعة فوق البنفسجية يمتلك زخما اكبر من زخم فوتون الضوء الاصفر لان زخم الفوتون يتناسب عكسيا مع الطول الموجي المصاحب له.
س/ اضيء سطحا معدنين مختلفين بضوء احادي اللون تردده مؤثر فهل تكون الطاقة الحركية للالكترونات الضوئية المنبعثة عن سطحيهما متساوية؟ولماذا؟
ج/ كلا لا تكون متساوية بسبب اختلاف سطحي المعدنين بدالة الشغل فسطح المعدن ذي دالة الشغل الاصغر تكون الالكترونات الضوئية المنبعثة منه بطاقة حركية اكبر وفقا للعلاقة الاتية: $[(KE)_{max}=hf-w]$.
س/ هل يستمر الانبعاث الكهروضوئي عند نقصان شدة الضوء الساقط مع ثبوت تردده على سطح معدن معين؟
ج/ نعم يستمر لان الانبعاث يعتمد على تردد الضوء الساقط والتردد ثابت.
س/ هل يستمر الانبعاث الكهروضوئي عند نقصان الطول الموجي للضوء الساقط مع ثبوت شدته على سطح معدن معين؟
ج/ نعم يستمر لان نقصان الطول الموجي يؤدي إلى زيادة تردد تردد الضوء الساقط فتزداد بذلك الطاقة الحركية العظمى للالكترون المنبعث.
س/ هل يستمر الانبعاث الكهروضوئي عند استبدال المعدن باخر له دالة شغل اكبر مع ثبوت تردد الضوء الساقط وشدته؟
ج/ قد يتوقف الانبعاث الكهروضوئي اذا كانت دالة الشغل للمعدن اكبر من طاقة الفوتون الساقط وقد يستمر الانبعاث اذا كانت دالة الشغل للمعدن اصغر من طاقة الفوتون الساقط.

**مثال2(كتاب)/** سقط ضوء طوله الموجي (300nm) على معدن الصوديوم . فاذا كانت دالة الشغل للصوديوم تساوي (2.46eV) جد:
a- الطاقة الحركية العظمى للالكترونات الضوئية المنبعثة بوحدة الجول (J) اولا وبوحدة الالكترون – فولط (eV) ثانيا.
b- طول موجة العتبة للصوديوم.

الحل

$$\lambda = 300nm = 300\times10^{-9}m = 3\times10^{-7}m \quad , \quad w = 2.46eV = 2.46\times1.6\times10^{-19}J = 3.936\times10^{-19}J$$

$$E = \frac{hc}{\lambda} = \frac{6.63\times10^{-34}\times3\times10^{8}}{3\times10^{-7}} = 6.63\times10^{-19}J$$

$$a- \quad KE_{max} = E - w = 6.63\times10^{-19} - 3.936\times10^{-19} = 2.694\times10^{-19}J$$

$$KE_{max} = \frac{2.694\times10^{-19}}{1.6\times10^{-19}} = 1.684eV$$

$$b- \quad \lambda_o = \frac{hc}{w} = \frac{6.63\times10^{-34}\times3\times10^{8}}{3.936\times10^{-19}} = \frac{19.89\times10^{-26}}{3.936\times10^{-19}} = 5.053\times10^{-7}m$$

## الجسيمات (الدقائق) والموجات:

س/ ما الظواهر التي تؤيد بان الضوء يسلك جسيمات (فوتونات)؟
ج/ الاشعاع والامتصاص والانبعاث الكهروضوئي.
س/ ما الظواهر التي تؤيد بان الضوء يسلك سلوكا موجيا؟
ج/ التداخل والحيود والاستقطاب والانكسار.
**النظرة الحديثة لطبيعة الضوء:** ان طاقة الاشعاع تنتقل بشكل فوتونات يقودها باتجاه سيرها مجال موجي أي ان للضوء سلوكا ثنائيا (مزدوجا).
س/ ما السبب في ان النظرية الجسيمية للضوء والنظرية الموجية يكمل بعضها الاخر ؟
ج/ لان الضوء في حالة معينة يظهر الصفة الجسيمية او الصفة الموجية ولكن لا يظهر كلاهما في ان واحد.
**س/ فسر رياضيا السلوك المزدوج للفوتون؟**
ج/
اعتمادا على نظرية الكم لماكس بلانك فان

$$E = hf$$

واعتمادا على معادلة انشتاين الخاصة بتكافؤ الكتلة (m) بالطاقة (E) فان الطاقة (E) تعطى وفق العلاقة:

$$E = mc^2$$

ومن العلاقتين السابقتين فان

$$mc^2 = hf \Rightarrow m = \frac{hf}{c^2}$$

أي ان الفوتون يسلك كما لو كانت له كتلة ومن العلاقة السابقة فان

$$mc = \frac{hf}{c}$$

$$\because f = \frac{c}{\lambda}$$

لذلك فان :

$$mc = \frac{h\frac{c}{\lambda}}{c} \Rightarrow mc = \frac{h}{\lambda}$$

ومنها فان

$$\lambda = \frac{h}{mc}$$

$$\because p = mc$$

لذلك فان

$$\lambda = \frac{h}{p}$$

## حساب الطول الموجي المرافق للفوتون:

من خلال تفسير السلوك المزدوج للفوتون فان الطول الموجي المرافق له يحسب وفقا للعلاقات الآتية:

$$\lambda = \frac{h}{mc} \Rightarrow \lambda = \frac{h}{P}$$

اذ ان:
P : زخم الفوتون بوحدة (kg.m/s) .
λ : الطول الموجي المصاحب للفوتون بوحدة (m) .
**أي ان الطول الموجي (λ) المصاحب للفوتون يتناسب عكسيا مع زخم الفوتون (p).**

س/ علامَ يعتمد زخم الفوتون .
ج/ يعتمد على الطول الموجي المصاحب له (تناسب عكسي) او على تردده (تناسب طردي).

**س/ اثبت ان : E =pc**
ج/

$$E=hf=\frac{hc}{\lambda}$$

$$\because \lambda=\frac{h}{p}$$

$$\therefore \quad E=\frac{hc}{\frac{h}{p}} \quad \Rightarrow \quad E=pc$$

س/ فوتونان لمصدر واحد احادي اللون احدهما في الهواء والاخر في الماء . قارن بين زخميهما وطاقتيهما.
ج/ زخم الفونون في الماء اكبر من زخم الفوتون في الهواء لان طول موجة الفوتون في الماء اصغر من طول موجة الفوتون في الهواء وان زخم الفوتون يتناسب عكسيا مع الطول الموجي .
اما طاقتيهما فمتساوية لثبوت التردد (E=hf) .

**الموجات المادية:**

س/ ما اقتراح دي برولي المتعلق بالأجسام المادية؟
ج/ اعتمادا على السلوك الثنائي للضوء اقترح دي برولي ان الاجسام المادية مثل الالكترون تسلك سلوكا ثنائيا ايضا (جسيميا وموجيا) حيث ذكر ان لكل جسيم متحرك صفة موجية وان هذه الموجات تسمى بالموجات المادية.
س/ ما نوع الموجات المرافقة لحركة جسيم مثل الالكترون؟
ج/ موجات مادية.

**الموجات المادية:** هي موجات تصاحب حركة الجسيمات وهي ليست موجات ميكانيكية او موجات كهرومغناطيسية.

**فرضية دي برولي:** ان في كل نظام ميكانيكي لابد من وجود موجات ترافق (تصاحب) حركة الجسيمات المادية.

**حساب طول موجة دي برولي :**

افترض دي برولي ان الطول الموجي (λ) للموجة المادية يرتبط بزخم الجسيم (p) بعلاقة عكسية كما هو في حالة الفوتون وكما يلي :

$$\lambda=\frac{h}{P} \quad \Rightarrow \quad \lambda=\frac{h}{m v}$$

حيث :
λ : طول موجة دي برولي وهو الطول الموجي المصاحب للجسيم المتحرك بوحدة (m).
P : زخم الجسيم بوحدة (kg.m/sec).
m : كتلة الجسيم المتحرك بوحدة (kg) .

$v$ : سرعة الجسيم المتحرك بوحدة (m/sec) والتي يمكن ان تحسب من خلال معرفة الطاقة الحركية للجسيم حيث:

$$KE = \frac{1}{2}mv^2$$

❖ **من العلاقة السابقة يتضح السلوك الثنائي للجسيم (الدقائقي والموجي) فالجهة اليمنى من العلاقة توضح مفهوم الجسيم لوجود الكتلة ($m$) او لوجود الزخم ($mv$) اما الجهة اليسرى فتوضح مفهوم الموجة لوجود الطول الموجي ($\lambda$).**

س/ ما المقصود بالرزمة الموجية ؟ وكيف يمكن الحصول عليها؟
ج/ هي موجة ذات مدى محدود في الفضاء . ويمكن الحصول عليها من اضافة موجات ذوات طول موجي مختلف قليلا.
س/ ماذا يحصل ؟ ولماذا ؟ لطول موجة دي برولي المرافقة لالكترون يتحرك بانطلاق ($v$) لو انخفض انطلاقه الى النصف .
ج/ يتضاعف طول موجة دي برولي لانه يتناسب عكسيا مع انطلاق الالكترون وفقا للعلاقة : $\lambda = \frac{h}{mv}$
س/ علامَ يعتمد طول موجة دي برولي المصاحب للاجسام المتحركة .
ج/ يعتمد على زخم هذه الاجسام أي على (كتلتها وسرعتها) (تناسب عكسي).
س/ هل ان الضوء موجة مادية؟ ولماذا؟
ج/ كلا. لان الموجة المادية ليست موجة ميكانيكية او كهرومغناطيسية بينما الضوء موجة كهرومغناطيسية.

**ملاحظات/**
1- كما هو الحال في الضوء فان السلوكين الموجي والدقائقي للأجسام المتحركة لا يمكن ملاحظتهما في الوقت نفسه.
2- ان معادلة دي برولي تنطبق على جميع الأجسام في الكون من صغيرها مثل الإلكترون إلى كبيرها مثل الكواكب.

**مثال3(كتاب)/** جد طول موجة دي برولي المرافقة لكرة كتلتها (0.221kg) تتحرك بانطلاق مقداره (3m/s) مع العلم بان ثابت بلانك يساوي ($6.63\times10^{-34}$J.s).

الحل

$$\lambda = \frac{h}{mv} = \frac{6.63\times10^{-34}}{0.221\times3} = \frac{6.63\times10^{-34}}{0.663} = 10^{-33}m$$

**مثال4(كتاب)/** جد طول موجة دي برولي المرافقة لإلكترون يتحرك بانطلاق مقداره ($6\times10^{6}$m/s) مع العلم بان كتلة الالكترون تساوي ($9.11\times10^{-31}$kg) وثابت بلانك يساوي $6.63\times10^{-34}$J.s.

الحل

$$\lambda = \frac{h}{mv} = \frac{6.63\times10^{-34}}{9.11\times10^{-31}\times6\times10^{6}} = \frac{663}{5466}\times10^{-9} = 0.121m$$

**مدخل الى مفهوم ميكانيك الكم ودالة الموجة :**
**س/ على وفق أي قوانين تعمل اجهزة الحاسوب والكاميرا الرقمية؟**
ج/ على وفق قوانين الميكانيك الكمي.
**س/ ما الفرق بين الميكانيك الكمي والميكانيك الكلاسيكي؟**
ج/ الكميات التي يقوم بدراستها الميكانيك الكمي هي الاحتمالات بينما الكميات التي يقوم بدراستها الميكانيك الكلاسيكي هي التاكيد وان الميكانيك الكلاسيكي صيغة تقريبية للميكانيك الكمي.

## ملاحظة/

حسب الميكانيك الكلاسيكي فان نصف قطر بور لذرة الهيدروجين يساوي (0.0529nm) في حين ان هذه القيمة وحسب الميكانيك الكمي تمثل نصف قطر بور الأكثر احتمالا (ارجحية) فلو قمنا بتجارب مناسبة لوجدنا ان نصف قطر بور هو اكبر او اقل من هذه القيمة ولكن القيمة الأكثر احتمالا هي (0.0529nm). لذا فان شكل الذرة حسب الميكانيك الكلاسيكي يختلف عن شكل الذرة حسب الميكانيك الكمي.

**كثافة الاحتمالية :** هي الاحتمالية لوحدة الحجم لايجاد الجسيم الذي يوصف بدالة الموجة ($\psi$) في نقطة معينة في الفضاء ولزمن معين وتتناسب طرديا مع قيمة $|\psi|^2$ في ذلك المكان والزمان المعينين.

س/ علامَ تعتمد كثافة الاحتمالية ؟

ج/ تعتمد على قيمة $|\psi|^2$ وتتناسب معها طرديا.

س/ علامَ تدل قيمة $|\psi|^2$ لا تساوي صفر في مكان ما

ج/ تدل على ان هنالك احتمال معين لوجود الجسيم في ذلك المكان.

**مبدأ اللادقة او اللايقين لهايزنبرك:**

س/ هل من الممكن قياس موضع وانطلاق جسيم في الوقت نفسه؟

ج/ نعم يمكن ذلك طبقا للميكانيك الكلاسيكي حيث لا يوجد حائلا يمنع من تحسين جهاز القياس او الطرائق التجريبية لاعلى درجة ممكنة.

كلا . لا يمكن ذلك طبقا للميكانيك الكمي حيث ستواجه بلا دقة عملية في قياساتك فكلما زادت دقة قياس احدى الكميتين زاد الخطأ في قياس الكمية الاخرى.

**مبدأ اللادقة او اللايقين لهايزنبرك :** من المستحيل ان نقيس انيا (في الوقت نفسه) الموضع بالضبط وكذلك الزخم الخطي بالضبط لجسيم .

**لذلك يعبر عن مبدأ اللادقة بالعلاقة التالية :**

$$\Delta x \Delta p \geq \frac{h}{4\pi}$$

**لحساب اللادقة او الخطا في احدى الكميتين $\Delta x$ او $\Delta P$**

**اما لحساب اقل (ادنى) لادقة لاحدى الكميتين ($\Delta x$) او ($\Delta p$) فان علاقة مبدأ اللادقة لهايزنبرك تكتب بالشكل التالي :**

$$\Delta x \Delta p = \frac{h}{4\pi}$$

**لحساب ادنى اللادقة او ادنى خطا في احدى الكميتين $\Delta x$ او $\Delta P$**

وبما ان مقدار زخم الجسيم (p) الذي كتلته (m) وانطلاقه ($v$) يعطى بالعلاقة الآتية :

$$p = mv$$

لذلك فان اللادقة في زخم الجسيم ($\Delta p$) تعطى بالعلاقة الآتية :

$$\Delta p = m\Delta v$$

$\Delta x$ : اللادقة في قياس موضع الجسيم ويسمى ايضا الخطأ في قياس موضع الجسيم ويقاس بوحدة (m).
$\Delta p$ : اللادقة في قياس زخم الجسيم ويسمى ايضا الخطأ في قياس زخم الجسيم ويقاس بوحدة (kg.m/s).
h : ثابت بلانك ومقداره ($6.63\times10^{-34}$J.s).
$\Delta v$ : اللادقة في قياس انطلاق الجسيم او الخطأ في قياس انطلاق الجسيم ويقاس بوحدة (m/s).

- ***يمكن ان يعطى اللادقة في الزخم نسبة مئوية من الزخم الاصلي اي ان ($\Delta P = x\%P$) او يعطى اللادقة في الانطلاق نسبة مئوية من الانطلاق الاصلي اي ($\Delta v = x\%v$) . حيث ($x$) قيمة النسبة المئوية المعطاة في السؤال.***
- ***من خلال علاقة مبدأ اللادقة لهايزنبرك نجد ان العلاقة عكسية بين ($\Delta x$) و ($\Delta p$) أي انه كلما كانت قيمة ($\Delta x$) صغيرة كانت قيمة ($\Delta p$) كبيرة والعكس صحيح . فكلما ارتفعت دقة قياس احدى هاتين الكميتين كلما قل ما نعرفه عن الكمية الاخرى .***
- استفد : ($\frac{h}{4\pi} = 0.527866$)

س/ هل ان الحدود التي يضعها مبدأ اللادقة لقياس موضع وزخم جسيم انيا هي حدود بسبب الأجهزة المستعملة او طرائق القياس؟ ولماذا؟
ج/ كلا. لأنها حدودا أساسية تفرض من الطبيعة ولا يوجد سبيل للتغلب عليها.
س/ متى يمكن الحصول على ادنى لادقة في قياس الموضع او قياس الزخم لجسيم ؟
ج/ يمكن ذلك عن طريق جعل حاصل ضرب الكميتين ($\Delta x$) و ($\Delta p$) مساويا إلى ( $\frac{h}{4\pi}$ ).
س/ علامَ تعتمد اللادقة في الموضع ($\Delta x$) .
ج/ تعتمد على اللادقة في الزخم ($\Delta p$) (تناسب عكسي) .
س/ علامَ تعتمد اللادقة في الزخم ($\Delta p$) .
ج/ تعتمد على اللادقة في الموضع ($\Delta x$) (تناسب عكسي) .
س/ ما العلاقة بين اللادقة في قياس موضع الجسم واللادقة في قياس زخم الجسم في مبدأ اللادقة ؟
ج/ $\Delta x \Delta p \geq \frac{h}{4\pi}$ .

***تنويه/ في دراستنا الحالية المقصود ب ($\Delta x$) هو اللادقة في الموضع باتجاه المحور $x$ و ($\Delta p$) هو اللادقة في مركبة الزخم الخطي باتجاه المحور $x$.***

**س/ اذا كان طول موجة دي برولي المرافقة لجسيم كتلته (m) هو ($\lambda$) فاثبت ان الطاقة الحركية للجسيم تعطى بالعلاقة الاتية : $KE = \frac{h^2}{2m\lambda^2}$**

ج/

$$\lambda = \frac{h}{m\,v} \Rightarrow v = \frac{h}{m\,\lambda}$$

$$\because\ KE = \frac{1}{2} m\,v^2 \Rightarrow KE = \frac{1}{2} m\left(\frac{h}{m\,\lambda}\right)^2 = \frac{1}{2} m \frac{h^2}{m^2\,\lambda^2} = \frac{h^2}{2m\,\lambda}$$

**مثال5(كتاب)/** اذا كانت اللادقة في زخم الكترون تساوي ($3.5\times10^{-24}$kg.m/s) جد اللادقة في موضع الالكترون مع العلم بان ثابت بلانك يساوي $6.63\times10^{-34}$J.s.

الحل

$$\Delta x \Delta p \geq \frac{h}{4\pi} \Rightarrow \Delta x \geq \frac{h}{4\pi \Delta p} \Rightarrow \Delta x \geq \frac{6.63\times10^{-34}}{4\times3.14\times3.5\times10^{-24}} \Rightarrow \Delta x \geq \frac{663}{43.96}\times10^{-10}$$

$$\therefore\ \Delta x \geq 15.08\times10^{-10}\,m$$

## النظرية النسبية:

**س/ كيف تصف الفيزياء حركة الاجسام اذا كانت : (1) سرعتها قليلة .**
**(2) سرعتها كبيرة تقترب من سرعة الضوء.**

**ج/ (1) ان الاجسام المتحركة بسرعة قليلة تخضع لقوانين الفيزياء الكلاسيكية التي وضع مبادئها العالم نيوتن (يفسر سلوكها طبقا لقوانين نيوتن في الحركة) .**
**(2)الاجسام المتحركة بسرعة كبيرة مقاربة لسرعة الضوء تخضع لقوانين النظرية النسبية لانشتاين (يفسر سلوكها طبقا للنظرية النسبية لانشتاين).**

**س/ لماذا تعد النظرية النسبية الخاصة لاينشتاين اكثر النظريات الفيزيائية اثارة؟**

ج/ لانها احدثت العديد من التغيرات على مفاهيم الفيزياء الكلاسيكية وطبيعة الجسيمات النووية وبعض الظواهر الكونية.

**س/ علامَ تعتمد النظرية النسبية؟**

ج/ تعتمد على مفهوم اطر الاسناد.

**اطار الاسناد: هو الموقع الذي يقوم فيه شخص ما برصد حدث ما في زمن معين ويسمى هذا الشخص بالمراقب لانه يرصد الحدث ويقوم بالقياسات.**

**س/ ما الذي اضافته النظرية النسبية للمفاهيم الكلاسيكية ؟**

**ج/ ان رصد حدث في الفضاء بدقة يتم بتحديد موقعه باستخدام الاحداثيات (x , y ,z) وتحديد زمن حدوثه بالاحداثي (t) اي انها اعتمدت اربع احداثيات (x,y,z,t) بدلا من ثلاث احداثيات كما في الفيزياء الكلاسيكية .**

**س/ كيف تنظر النظرية الكلاسيكية والنظرية النسبية الى مفهوم الحركة النسبية ؟**

**س/ كيف تنظر النظرية الكلاسيكية والنظرية النسبية الى مفهوم الحركة النسبية؟**

**ج/ على فرض ان مراقبا في اطار اسناد معين يراقب حدثا في اطار اسناد اخر يتحرك بسرعة ثابتة نسبة الى اطار اسناده (اطر الاسناد القصورية حيث تكون هذه الاطر متطابقة لحظة بدء الحركة او القياس .**

**وفقا للميكانيك الكلاسيكي : ان الزمن المقاس للحدث هو ذاته في كلا الاطارين القصوريين وان قياس الزمن يسير بالمعدل نفسه بغض النظر عن سرعة حركة اطاري الاسناد أي ان المدة الزمنية بين حدثين متعاقبين يجب ان تكون واحدة لكلا الراصدين.**

شكل (2) شخص في اطار ثابت (S) يراقب شخص اخر في اطار متحرك (S`)

**وفقا للنظرية النسبية : يصبح الافتراض اعلاه غير صحيح عندما تكون سرعة حركة الجسم مقاربة او يمكن مقارنتها بسرعة الضوء وعليه يجب اعتماد فرضيات النظرية النسبية لتفسير ذلك.**

**س/ اذكر فرضيتي اينشتاين في النظرية النسبية الخاصة؟**

1- ان قوانين الفيزياء يجب ان تكون واحدة في جميع اطر الاسناد القصورية.
2- سرعة الضوء في الفراغ مقدار ثابت $(c=3\times10^{8}m/s)$ في جميع اطر الاسناد القصورية بغض النظر عن سرعة المراقب او سرعة الحدث.

### ملاحظة/

**دعم كل من مايكلسون ومورلي افتراضات اينشتاين من خلال تجربة مشهورة اجراها العالمان عام 1887 والتي اثبتت بان سرعة الضوء ثابتة عند انتقاله بالاتجاهات المختلفة وبذلك اسقطت نظرية الاثير التي افترضت لتفسير الية انتقال الضوء .**

**تحويلات لورنتز: هي التحويلات التي اعتمدها اينشتاين في النظرية النسبية .**

**س/ ما هي تحويلات لورنتز التي تبناها اينشتاين؟**

**1- برهن لورنتز في دراسته لحركة الجسيمات المادية في المجال الكهرومغناطيسي بان لسرعة الجسيمات تاثير مهم في قياس الابعاد الفيزيائية للجسيم .**

**2- برهن بوجود عامل تصحيحي يجب اعتماده في العلاقة بين اطاري الاسناد $(S,S^-)$.**

- **اطلقت تسمية معامل لورنتز على العامل التصحيحي $(\gamma)$ الذي اعتمد في العلاقة بين احداثيات اطاري الاسناد $(S)$ و $(S^{\backslash})$ ويعطى بالعلاقة الاتية :**

$$\gamma = \frac{1}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}}$$

**معامل لورنتز**

حيث :

v: تمثل سرعة الجسيم.

c: سرعة الضوء في الفراغ.

$\gamma$ : معامل لورنتز وهو عدد مجرد من الوحدات ويقرأ كَاما (Gamma).

## ملاحظات/

1- وفقا للنظرية النسبية فان معامل لورنتز $(\gamma)$ هو اكبر من الواحد دائما لان المقدار تحت الجذر $\left(\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}\right)$ هو اصغر من الواحد.

2- عندما يكون الجسم ساكن $(v=0)$ او يتحرك بسرعة اقل بكثير من سرعة الضوء $(v<<c)$ فان $\left(\frac{v}{c}\right)$ اما ان تساوي صفر (للجسم الساكن) او يمكن اهمالها (للاجسام قليلة السرعة مقارنة مع سرعة الضوء) لذلك فان المقدار تحت الجذر $\left(\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}\right)$ يساوي واحد وبالتالي فان معامل لورنتز يساوي واحد في هذه الحالة $(\gamma=1)$.

3- للاجسام المتحركة بسرع عالية جدا ولغاية الاقتراب من سرعة الضوء فان المقدار تحت الجذر $\left(\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}\right)$ يقترب من الصفر لذلك فان $(\gamma)$ يقترب من المالانهاية.

**اهم النتائج المترتبة على النظرية النسبية الخاصة:**

ان الاجسام المتحركة بسرعة تقترب من سرعة الضوء بالنسبة لراصد ساكن تعاني تغيرا في مقادير هذه الكميات وهي :

**1- تمدد الزمن :** نلاحظ بان الزمن الذي يسجله راصد متحرك بنفس سرعة الحدث $(t_0)$ اصغر من الزمن الذي يسجله راصد ساكن $(t)$ .

**2- انكماش الطول :** ان الاجسام المتحركة بالنسبة لراصد ساكن تعاني تقلصا (انكماش) في الطول باتجاه حركتها.

**3- تغير الكتلة مع السرعة (الكتلة النسبية) :**

من النتائج المهمة للنظرية النسبية الخاصة تغير الكتلة كدالة للسرعة اي ان الكتلة كمية غير ثابتة حيث ان كتلة الجسم المتحرك تزداد بزيادة سرعته وفقا للعلاقة :

$$m_{rel} = \frac{m_o}{\sqrt{1-\frac{\upsilon^2}{c^2}}}$$

**معادلة الكتلة النسبية**

سعيد محي تومان

or

$$m_{rel} = m_o \gamma$$

حيث:
$m_{rel}$ : كتلة الجسم المتحرك بسرعة v (الكتلة النسبية).
$m_o$ : كتلة الجسم في حالة سكون (الكتلة السكونية).

❖ وبما ان الكتلة متغيرة تبعا للسرعة بحيث تزداد كتلة الجسم بزيادة سرعته $(m_{rel} > m_o)$ لذا فان الزيادة بالكتلة $(\Delta m)$ يعبر عنها بالعلاقة الاتية :

$$\Delta m = m_{rel} - m_o$$

**س/ هل كتلة الجسم كمية ثابتة المقدار ؟**
ج/ كلا بل متغيرة تبعا لسرعتها .

## ملاحظات/

1- عندما تكون سرعة الجسم صغيرة جدا مقارنة بسرعة الضوء $(v<<c)$ فان الكتلة النسبية تساوي الكتلة السكونية $(m \approx m_o)$ أي لا يمكن ملاحظة التغير الحاصل في الكتلة .
2- عندما تكون سرعة الجسم قريبة من سرعة الضوء فان الكتلة النسبية اكبر من الكتلة السكونية $(m > m_o)$ أي ان التغير بالكتلة يكون محسوس في هذه الحالة وهذا ما اثبتته التجارب في الفيزياء النووية .
ان الزيادة في كتلة الجسم تحسب وفقا لما ياتي:

$$\Delta m = m - m_o$$

**س/ ما الذي تتوقع حدوثه لكتلة جسم اذا كانت سرعته :**
**a- صغيرة جدا مقارنة بسرعة الضوء . b- قريبة جدا من سرعة الضوء .**
ج/ a- لا يمكن ملاحظة التغير في الكتلة . b- تزداد كتلة الجسم .
**س/ ما المقصود بالعبارة الاتية (الكتلة دالة من دوال السرعة) ؟**
**ج/ وفقا للنظرية النسبية الخاصة فان الكتلة ليست كمية ثابتة وانما هي مقدار متغير تبعا لسرعتها لذلك فهي دالة من دوال السرعة .**

- **من الجدير بالذكر ان الفيزياء النووية اسهمت كثيرا في اثبات صحة النتائج التي افرزتها النظرية النسبية الخاصة لاينشتاين ومن أهم التجارب هي في مجالات الاشعاعات النووية هي الجسيمات المنطلقة في بعض المواد المشعة مثل اليورانيوم او الراديوم وهي دقائق مادية متناهية في الصغر تنطلق بسرع قريبة من سرعة الضوء فتزداد كتلتها بما يتفق مع المعادلات التي افترضها اينشتاين.**

## تكافؤ الكتلة والطاقة :

**استطاع اينشتاين ان يدمج قانونا حفظ الطاقة والمادة بافتراض ان المادة يمكن ان تتحول الى طاقة حيث ان مقدارا ضئيلا من الكتلة عندما يختفي ينتج عنه كمية كبيرة من الطاقة.**
**س/ ما نص معادلة اينشتاين والخاصة بتكافؤ الكتلة والطاقة ؟**
ج/ ان مقدارا ضئيلا جدا من الكتلة يعطي طاقة هائلة فالطاقة الناتجة من كتلة معينة تساوي حاصل ضرب هذه الكتلة في مربع سرعة الضوء مما ينتج عنه كمية كبيرة جدا من الطاقة.

- **ان الصيغة الرياضية لمعادلة اينشتاين والخاصة بتكافؤ الكتلة والطاقة هي :**

$$E = mc^2$$

أي ان الكتلة والطاقة مفهومان متلازمان .

**س/ كيف يفسر سر طاقة النجوم وعمرها الطويل؟**

ج/ يفسر على ضوء معادلة اينشتاين والخاصة بتكافؤ الكتلة والطاقة فهذه النجوم تفقد كمية قليلة من كتلتها (مادتها) لتعطي طاقة تمد بها الفضاء المحيط بها باجمعه.

**س/ اذكر بعضا من استعمالات مبدأ معادلة اينشتاين : E=mc2 .**

ج/ 1- في بناء وتشغيل المفاعلات النووية . 2- في انتاج الاسلحة النووية.

**مثال(كتاب)/** ما كمية الطاقة التي يمكن الحصول عليها عند تحول غرام واحد كليا من المادة الى طاقة؟

الحل

$$E = mc^2 = 1\times10^{-3} \times (3\times10^8)^2 = 10^{-3} \times 9\times10^{16} = 9\times10^{13}\,J$$

## قوانين الفصل الخامس

### 1 - قوانين الجسم الاسود :

$$I = \sigma T^4 \quad or \quad \lambda_m T = 2.898\times10^{-3} \quad or \quad E = hf \quad or \quad E = \frac{hc}{\lambda}$$

$$T = C + 273$$

### 2- المعادلة الكهروضوئية لاينشتاين :

$$KE_{max} = E - W$$

حيث :

$$KE_{max} = \frac{1}{2} m_e v_{max}^2 \quad or \quad KE_{max} = V_s e \quad or \quad KE_{max} = Ve$$

كذلك :

$$E = hf \quad or \quad E = \frac{hc}{\lambda}$$

$$w = hf_o \quad or \quad w = \frac{hc}{\lambda_o}$$

سعيد محي تومان

### 3- السلوك الثنائي للفوتون (علاقة زخم الفوتون بالطول الموجي المصاحب له):

$$\lambda = \frac{h}{P}$$

### 4- الموجات المادية (موجات دي برولي) :

$$\lambda = \frac{h}{m\nu}$$

### 5- مبدأ اللادقة لهايزنبرك :

- لحساب اللادقة في احدى الكميتين $(\Delta X)$ او $(\Delta P)$ نستخدم العلاقة الاتية :

$$\Delta x \, \Delta p \geq \frac{h}{4\pi}$$

- لحساب ادنى او اقل لادقة في احدى الكميتين $(\Delta X)$ او $(\Delta P)$ نستخدم العلاقة الاتية :

$$\Delta x \, \Delta p = \frac{h}{4\pi}$$

حيث :

$$\Delta p = m \Delta \nu \quad , \quad \Delta P = x\% P \quad , \quad p = m\nu \quad , \quad \Delta \nu = x\% \nu$$

## أمثلة محلولة

**مثال 1/** فوتون طوله الموجي (0.2nm) احسب مقدار :
1- زخمه 2- طاقته مقدرة بالجول اولا ثم بالالكترون – فولط (eV) ثانيا.

**الحل /**

$\lambda = 0.2\text{nm} = 0.2 \times 10^{-9}\text{m}$

$$1- \quad p = \frac{h}{\lambda} = \frac{6.63 \times 10^{-34}}{0.2 \times 10^{-9}} = 3.315 \times 10^{-24} \text{kg.m/s}$$

$$2- \quad E = \frac{hc}{\lambda} = \frac{6.63 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^{8}}{0.2 \times 10^{-9}} = 9.945 \times 10^{-16} \text{J}$$

$$E = \frac{9.945 \times 10^{-16}}{1.6 \times 10^{-19}} = 6.215 \times 10^{3} \text{eV} = 6215\text{eV}$$

**مثال 2/** فوتون زخمه $(1.105 \times 10^{-27}\text{kg.m/s})$ احسب طاقته وتردده.

**الحل/**

$$E = \frac{hc}{\lambda} = pc = 1.105 \times 10^{-27} \times 3 \times 10^{8} = 3.315 \times 10^{-19} \text{J}$$

$E=hf \Rightarrow 3.315\times10^{-19}=6.63\times10^{-34} f \Rightarrow f=\frac{3.315\times10^{-19}}{6.63\times10^{-34}}=0.5\times10^{15}Hz$

**مثال/3** عجل الكترون خلال فرق جهد مقداره (182.2V) كم يبلغ الطول الموجي المصاحب له؟

**الحل/**

$(KE)_{max}=eV \Rightarrow \frac{1}{2}mv^2=eV \Rightarrow \frac{1}{2}\times9.11\times10^{-31}v^2=1.6\times10^{-19}\times182$

$v^2=\frac{2\times1.6\times10^{-19}\times182.2}{9.11\times10^{-31}}=64\times10^{12} \Rightarrow v=8\times10^6 m/s$

$\lambda=\frac{h}{mv}=\frac{6.63\times10^{-34}}{9.11\times10^{-31}\times8\times10^6}=0.091\times10^{-9}m=0.091nm$

**مثال/4** إذا كان مقدار دالة الشغل للنحاس (4.5eV) ما مقدار الطاقة الحركية العظمى (بالجول) للإلكترون المنبعث عند سقوط ضوء تردده ($1.5\times10^{15}$Hz) على سطح النحاس؟

**الحل/**

$w=4.5eV=4.5\times1.6\times10^{-19}=7.2\times10^{-19}J$

$E=hf=6.63\times10^{-34}\times1.5\times10^{15}=9.945\times10^{-19}J$

$(KE)_{max}=E-w=9.945\times10^{-19}-7.2\times10^{-19}=2.745\times10^{-19}J$

**مثال/5** ضوء طاقة الفوتون فيه (6.215eV) اسقط على سطح معدن ما مقدار ؟

1- طاقة الفوتون بالجول 2- الطول الموجي للفوتون

3- الطاقة الحركية العظمى للإلكترون المنبعث إذا علمت ان دالة الشغل للمعدن 4.5eV.

**الحل/**

1- $E=6.215eV=6.215\times1.6\times10^{-19}=9.944\times10^{-19}J$

2- $E=\frac{hc}{\lambda} \Rightarrow 9.944\times10^{-19}=\frac{6.63\times10^{-34}\times3\times10^8}{\lambda}$

$\lambda=\frac{19.89\times10^{-26}}{9.944\times10^{-19}}\approx2\times10^{-7}m=200nm$

$(KE)_{max}=E-w=9.944\times10^{-19}-4.5\times1.6\times10^{-19}=9.944\times10^{-19}-7.2\times10^{-19}=2.744\times10^{-19}J$

**مثال/6** سقط ضوء طول موجته (300nm) على سطح معدن دالة الشغل له ($3.43\times10^{-19}$J) احسب:

1- جهد الإيقاف . 2- اكبر طول موجي يستطيع تحرير الكترونات من السطح.

**الحل/**

1- $E=\frac{hc}{\lambda}=\frac{6.63\times10^{-34}\times3\times10^8}{300\times10^{-9}}=6.63\times10^{-19}J$

$(KE)_{max}=E-w \Rightarrow (KE)_{max}=6.63\times10^{-19}-3.43\times10^{-19}=3.2\times10^{-19}J$

$(KE)_{max}=eV_s \Rightarrow 3.2\times10^{-19}=1.6\times10^{-19}V_s \Rightarrow V_s=\frac{3.2\times10^{-19}}{1.6\times10^{-19}}=2V$

2- $\lambda_o=\frac{hc}{w}=\frac{6.63\times10^{-34}\times3\times10^8}{3.43\times10^{-19}}=5.8\times10^{-7}m=580nm$

**مثال/7** اسقط ضوء تردده ($0.8\times10^{15}$Hz) على سطح معدن فاذا كانت دالة الشغل للمعدن (2.5eV) فاحسب:

1- تردد العتبة للمعدن. 2- الطاقة الحركية العظمى للالكترونات المنبعثة من سطح المعدن.

الحل/

1- $w=2.5eV=2.5\times1.6\times10^{-19}=4\times10^{-19}J$

$$w=hf_o \Rightarrow 4\times10^{-19}=6.63\times10^{-34}f_o \Rightarrow f_o=\frac{4\times10^{-19}}{6.63\times10^{-34}}=0.6\times10^{15}Hz$$

2- $E=hf=6.63\times10^{-34}\times0.8\times10^{15}=5.304\times10^{-19}J$

$(KE)_{max}=E-w=5.304\times10^{-19}-4\times10^{-19}=1.304\times10^{-19}J$

## أسئلة الفصل الخامس

س1/ اختر العبارة الصحيحة لكل مما ياتي:

1- عند ارتفاع درجة الحرارة المطلقة فان ذروة التوزيع الموجي للاشعاع المنبعث من الجسم الاسود تنزاح نحو:

a- الطول الموجي الاطول　***b- الطول الموجي الاقصر***　c- التردد الاقصر　d- ولا واحدة منها.

2- العبارة (في كل نظام ميكانيكي لابد من وجود موجات ترافق (تصاحب) حركة الجسيمات المادية) هي تعبير عن:

a- مبدأ اللادقة لهايزنبرك　b- اقتراح بلانك　c- قانون لنز　***d- فرضية دي بروولي.***

3- أي من الكميات التالية تعد ثابتة حسب النظرية النسبية:

***a- سرعة الضوء***　b- الزمن　c- الكتلة　d- الطول

4- احدى الظواهر التالية تعد احد الادلة التي تؤكد ان للضوء سلوكا جسيميا :

a- الحيود .　***b- الظاهرة الكهروضوئية***　c- الاستقطاب　d- التداخل.

5- افترض انه قيس موضع جسيم بدقة تامة ، أي ان $(\Delta x=0)$ ، فان اقل لادقة في زخم هذا الجسيم تساوي :

a- $\frac{h}{4\pi}$　b- $\frac{h}{2\pi}$　***c- ما لانهاية***　d- صفر

اذ ان (h) هو ثابت بلانك.

6- عند مضاعفة شدة الضوء الساقط بتردد معين مؤثر في سطح معدن معين يتضاعف مقدار:

a- الطاقة الحركية العظمى للالكترونات الضوئية المنبعثة　b- جهد الايقاف

c- زخم الفوتون　***d- تيار الاشباع.***

7- وفقا لمعادلة اينشتاين الشهيرة بتكافؤ الكتلة و الطاقة فان:

a- $E=m^2c$　b- $E=c^2m^2$　***c- $E=mc^2$***　d- $E=mc$

8- كثافة الاحتمالية لايجاد الجسيم في نقطة ولحظة معينتين تتناسب :

***a- طرديا مع $|\psi|^2$***　b- عكسيا مع $|\psi|^2$　c- طرديا مع $|\psi|$　d- عكسيا مع $|\psi|$

[اذ ان ( $\psi$ ) تمثل دالة الموجة للجسيم]

9- العبارة (من المستحيل ان نقيس انيا (في الوقت نفسه) الموضع بالضبط وكذلك الزخم الخطي بالضبط لجسيم) هي تعبير عن:

a- قانون فاراداي　b- قانون ازاحة فين　c- قانون ستيفان – بولتزمان　***d- مبدأ اللادقة لهايزنبرك***

10- الموجات المرافقة لحركة جسيم مثل الالكترون هي:

a- موجات ميكانيكية طولية　b- موجات ميكانيكية مستعرضة　c- موجات كهرومغناطيسية　***d- موجات مادية***

**س2/ لماذا فشلت المحاولات العديدة لدراسة وتفسير الطيف الكهرومغناطيسي المنبعث من الجسم الاسود كدالة للطول الموجي عند درجة حرارة معينة وفقا لقوانين الفيزياء الكلاسيكية.**

ج/ لان هذه المحاولات افترضت ان الطاقة المنبعثة من الجسم الاسود هي مقادير مستمرة (متصلة) وليس بشكل حزم محددة من الطاقة.

**س3/ ما التطبيقات العملية لمبدا تكافؤ الكتلة والطاقة ؟**

ج/ 1- في بناء وتشغيل المفاعلات النووية .　2- في انتاج الاسلحة النووية.

**س4/ ما المقصود بكل مما ياتي :**

الميكانيك الكمي : هو ذلك الفرع من الفيزياء والذي هو مخصص (مكرس) لدراسة حركة الاشياء والتي تاتي بحزم صغيرة جدا او كمات.

تردد العتبة للمعدن : وهو اقل تردد للضوء الساقط يولد الانبعاث الكهروضوئي لذلك المعدن وهو يعد خاصية مميزة للمعدن المضاء اذ ان لكل معدن تردد عتبة خاصا به .

دالة الشغل للمعدن : وهي اقل طاقة يرتبط بها الالكترون بالمعدن وقيمتها بحدود بضعة الكترون – فولط (eV)

الجسم الاسود : هو نظام مثالي يمتص جميع الاشعاعات الساقطة عليه (وهو ايضا مشع مثالي عندما يكون مصدرا للاشعاع) .

**س5/ ما فرضيات اينشتين في النظرية النسبية الخاصة ؟**

ج/ في الملزمة.

**س6/ لماذا يفضل عادة يفضل استعمال خلية كهروضوئية نافذتها من الكوارتز بدلا من الزجاج في تجربة الظاهرة الكهروضوئية.**

ج/ وذلك لكي تمرر النافذة المصنوعة من الكوارتز الاشعة فوق البنفسجية زيادة على الضوء المرئي وبذلك يكون مدى الترددات المستعملة في التجربة اوسع.

**س7/ ما النظرة الحديثة لطبيعة الضوء؟**

ج/ النظرة الحديثة لسلوك الضوء تاخذ السلوك الثنائي (المزدوج) وترى ان طاقة الاشعاع تنبعث بشكل فوتونات يقودها باتجاه سيرها مجال موجي. ويجب التاكيد على ان الضوء في حالة معينة او ظرف معين يظهر اما بصفة جسيمية واما بصفة موجية ولكن ليس كلاهما في ان واحد أي ان كل من النظرية الموجية للضوء والنظرية الجسيمية له تكمل بعضها الاخر.

**س8/ سقط ضوء طاقته تساوي (5eV) على معدن الالمنيوم فانبعثت الكترونات ضوئية . وعند سقوط الضوء نفسه على معدن البلاتين لم تنبعث الكترونات ضوئية . فسر ذلك اذا علمت ان دالة الشغل لمعدن الالمنيوم تساوي (4.08eV) ودالة الشغل لمعدن البلاتين تساوي (6.35eV) .**

ج/ في حالة معدن الالمنيوم انبعثت الكترونات ضوئية لان طاقة فوتون الضوء الساقط (5eV) هي اكبر من دالة شغل معدن الالمنيوم (4.08eV) وبذلك تكون الطاقة الحركية العظمى للالكترونات الضوئية المنبعثة تساوي (0.92eV) حسب العلاقة : $(KE)_m = hf - w$ .

اما في حالة معدن البلاتين فلا تنبعث الكترونات ضوئية لان طاقة فوتون الضوء الساقط (5eV) هي اقل من دالة شغل معدن البلاتين (6.35eV) حسب العلاقة السابقة.

## مسائل الفصل الخامس

**س1/** إذا علمت أن الطول الموجي المقابل لذروة الإشعاع المنبعث من نجم بعيد يساوي (480nm) ، فما هي درجة حرارة سطحه ؟ اعتبر النجم يشع كجسم اسود .

**الحل**

$$\lambda_m T = 2.898\times10^{-3} \quad \Rightarrow \quad T = \frac{2.898\times10^{-3}}{480\times10^{-9}} = 6037.5°K$$

**س2/** فوتون طوله الموجي (3nm) . احسب مقدار زخمه ؟

**الحل**

$$P = \frac{h}{\lambda} = \frac{6.63\times10^{-34}}{3\times10^{-9}} = 2.21\times10^{-25}\text{kg.m/s}$$

**س3/** يتوقف تحرير الالكترونات الضوئية من سطح معدن عندما يزيد طول موجة الضوء الساقط عليه عن (600nm) فإذا أضيء سطح المعدن نفسه بضوء طول موجته (300nm) فما هي الطاقة الحركية العظمى التي تنبعث بها الالكترونات الضوئية من سطح المعدن مقدرة بوحدة الجول (J) أولا ووحدة الإلكترون – فولط (eV) ثانيا

**الحل**

$$\lambda = 300\text{nm} = 300\times10^{-9} = 3\times10^{-7}\text{m} \quad , \quad \lambda_o = 600\text{nm} = 600\times10^{-9}\text{m} = 6\times10^{-7}\text{m}$$

$$E = \frac{hc}{\lambda} = \frac{6.63\times10^{-34}\times3\times10^{8}}{3\times10^{-7}} = 6.63\times10^{-19}\text{J}$$

$$w = \frac{hc}{\lambda_o} = \frac{6.63\times10^{-34}\times3\times10^{8}}{6\times10^{-7}} = 3.315\times10^{-19}\text{J}$$

$$KE_{max} = E - w = 6.63\times10^{-19} - 3.315\times10^{-19} = 3.315\times10^{-19}\text{J}$$

$$KE_{max} = \frac{3.315\times10^{-19}}{1.6\times10^{-19}} = 2.072\text{eV}$$

**س4/** سقط ضوء طول موجته تساوي ($10^{-7}$m) على سطح معدن دالة شغله تساوي ($1.67\times10^{-19}$J) فانبعثت الكترونات ضوئية من السطح ، جد:

a- الانطلاق الأعظم للالكترونات الضوئية المنبثة من سطح المعدن .

b- طول موجة دي برولي المرافقة للالكترونات الضوئية المنبعثة ذات الانطلاق الأعظم .

**الحل**

$$a- \quad E = \frac{hc}{\lambda} = \frac{6.63\times10^{-34}\times3\times10^{8}}{10^{-7}} = 19.89\times10^{-19}\text{J}$$

$$KE_{max} = E - w = 19.89\times10^{-19} - 1.67\times10^{-19} = 18.22\times10^{-19}\text{J}$$

$$KE_{max} = \frac{1}{2}m_e\upsilon_{max}^2 \quad \Rightarrow \quad \upsilon_{max}^2 = \frac{2KE_{max}}{m_e} = \frac{2\times18.22\times10^{-19}}{9.11\times10^{-31}} = 4\times10^{12}$$

سعيد محي تومان

$$\therefore \ \upsilon_{max} = 2\times10^{6} m/s$$

$$b- \ \lambda = \frac{h}{m_e \upsilon_{max}} = \frac{6.63\times10^{-34}}{9.11\times10^{-31}\times2\times10^{6}} = 0.364\times10^{-9} m$$

**س5/** سقط ضوء تردده ($0.6\times10^{15}$HZ) على سطح معدن فوجد ان جهد الإيقاف للالكترونات الضوئية المنبعثة ذات الطاقة الحركية العظمى يساوي (0.18V) ، وعندما سقط ضوء تردده ($1.6\times10^{15}$HZ) على نفس سطح المعدن وجد أن جهد الإيقاف يساوي (4.324V) . جد قيمة ثابت بلانك .

**الحل**

$$KE_{max} = E - w$$

$$V_{S1}e = hf_1 - w \quad .........(1)$$

$$V_{S2}e = hf_2 - w \quad ..........(2)$$

---------------------- ( بالطرح )

$$V_{S2}e - V_{S1}e = hf_2 - hf_1 \Rightarrow (V_{S2} - V_{S1})e = (f_2 - f_1)h$$

$$\therefore \ h = \frac{(V_{S2} - V_{S1})e}{f_2 - f_1} = \frac{(4.324 - 0.18)\times1.6\times10^{-19}}{1.6\times10^{15} - 0.6\times10^{15}} = \frac{4.144\times1.6\times10^{-19}}{1\times10^{15}} = 6.63\times10^{-34} J.s$$

**س6/** جد طول موجة دي برولي المرافقة لإلكترون تم تعجيله خلال فرق جهد مقداره (100V) ؟

**الحل**

$$KE_{max} = Ve = 100\times1.6\times10^{-19} = 1.6\times10^{-17} J$$

$$KE_{max} = \frac{1}{2} m_e \upsilon_{max}^2 \Rightarrow \upsilon_{max}^2 = \frac{2KE_{max}}{m_e} = \frac{2\times1.6\times10^{-17}}{9.11\times10^{-31}} = \frac{3.2}{9.11}\times10^{14} = 0.35\times10^{14}$$

$$\therefore \ \upsilon_{max} = 0.59\times10^{7} m/s$$

$$\lambda = \frac{h}{m_e \upsilon_{max}} = \frac{6.63\times10^{-34}}{9.11\times10^{-31}\times0.59\times10^{7}} = 1.23\times10^{-10} m$$

**س7/** بروتون طاقته الحركية تساوي ($1.6\times10^{-13}$J) . إذا كانت اللادقة في زخمه تساوي (5%) من زخمه الأصلي ، فما هي اقل لا دقة في موضعه ؟ اعتبر ان كتلة البروتون تساوي ($1.67\times10^{-27}$Kg) .

**الحل**

$$KE = \frac{1}{2} m\upsilon^2 \Rightarrow \upsilon^2 = \frac{2KE}{m} = \frac{2\times1.6\times10^{-13}}{1.67\times10^{-27}} = 1.9\times10^{14} \Rightarrow \upsilon = 1.37\times10^{7} m/s$$

$$p = m\upsilon = 1.67\times10^{-27}\times1.37\times10^{7} = 2.3\times10^{-20} kg.m/s$$

$$\Delta p = 5\%p = \frac{5}{100}\times2.3\times10^{-20} = 11.5\times10^{-22} kg.m/s$$

$$\Delta x\Delta p = \frac{h}{4\pi} \Rightarrow \Delta x = \frac{h}{4\pi\Delta p} = \frac{6.63\times10^{-34}}{4\times3.14\times11.5\times10^{-22}} = 0.0459\times10^{-12} m$$

**س8/** افترض أن اللادقة في موضع جسيم كتلته $(m)$ وانطلاقه $(v)$ تساوي طول موجة دي برولي المرافقة له ، برهن على ان :

$$\frac{\Delta v}{v} \geq \frac{1}{4\pi}$$

حيث $(\Delta v)$ هي اللادقة في انطلاق الجسيم .

**الحل**

$$\Delta x \Delta p \geq \frac{h}{4\pi} \Rightarrow \Delta x \geq \frac{h}{4\pi \Delta p} \Rightarrow \Delta x \geq \frac{h}{4\pi m \Delta \upsilon}$$

$$\because \ \Delta x = \lambda$$

$$\therefore \ \lambda \geq \frac{h}{4\pi m \Delta \upsilon} \Rightarrow \frac{h}{m\upsilon} \geq \frac{h}{4\pi m \Delta \upsilon} \Rightarrow \frac{1}{\upsilon} \geq \frac{1}{4\pi \Delta \upsilon} \Rightarrow \frac{\Delta \upsilon}{\upsilon} \geq \frac{1}{4\pi}$$

## حلول فكر (الفصل الخامس : الفيزياء الحديثة)

**فكر/ ص185**

ثلاث معادن مختلفة $(a , b , c)$ اسقط على كل واحد منها ضوء تردده $(0.85\times10^{15}Hz)$ فاذا كان تردد العتبة لكل منهم على الترتيب هو :

a- $1.14\times10^{15}Hz$ , b- $0.59\times10^{15}Hz$ , c- $1.53\times10^{15}Hz$

لاي من المعادن الثلاثة تحصل الظاهرة الكهروضوئية ؟ ولماذا ؟

**الجواب/**

تحصل الظاهرة الكهروضوئية للمعدن $(b)$ لان تردد العتبة له $(f_o = 0.59\times10^{15}\,Hz)$ اصغر من تردد العتبة للضوء الساقط $(f = 0.85\times10^{15}\,Hz)$.

## واجبات الفصل

**مثال/1** احسب شدة الاشعاع المنبعث من جسم اسود درجة حرارة سطحه 27°C . ($459.27 watt/m^2$).

**مثال/2** احسب طاقة فوتون طوله الموجي 770nm ثم احسب زخمه .
($2.58\times10^{-19}J$ , $0.86\times10^{-27}kg.m/s$)

**مثال/3** أضيء سطح معدن بضوء أحادي اللون طول موجته 500nm احسب :
1- طاقة الفوتون الساقط
2- الطاقة الحركية العظمى للإلكترون المنبعث من السطح إذا كانت دالة الشغل للمعدن 2.45eV.
($3.978\times10^{-19}J$ , $0.058\times10^{-19}J$)

**مثال/4** فوتون طوله الموجي (0.3315nm) جد: 1- زخمه    2- طاقته ($2\times10^{-24}kg.m/s$ , $6\times10^{-16}J$ )

**مثال/5** جد طول موجة دي برولي المرافقة لكرة كتلتها (0.3315kg) تتحرك بانطلاق مقداره (2m/sec) .
ج/($10^{-23}kg$)

**مثال/6** إذا كانت دالة الشغل لمعدن (1.9eV) احسب:
1- طول موجة العتبة للمعدن
2- الطاقة الحركية العظمى للإلكترون المنبعث إذا كان طول موجة الضوء الساقط 450nm   3- جهد الايقاف
($6.54\times10^{-7}m$ , $1.38\times10^{-19}J$ , 0.86V)

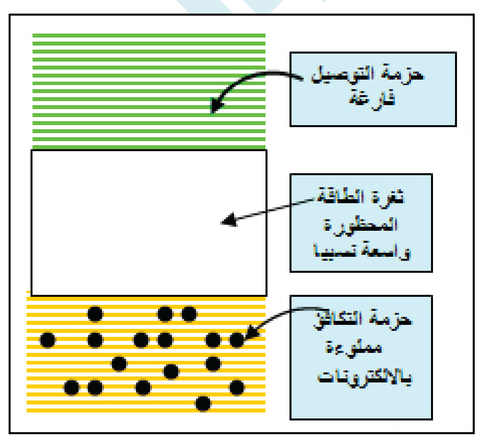
**مثال/7** يبلغ جهد الإيقاف لمعدن 0.3V حين يقاس بوساطة إسقاط ضوء طوله الموجي ($4\times10^{-7}m$) على سطح المعدن . فما مقدار دالة الشغل لهذا المعدن؟
($4.49\times10^{-19}J$)

**مثال/8** حزمة ضوئية طولها الموجي 600nm اسقطت على سطح معدن الطول الموجي لعتبته 663nm ما مقدار؟
1- طاقة الفوتون الساقط ودالة الشغل للمعدن.
2- الطاقة الحركية العظمى للالكترونات المنبعثة وجهد الإيقاف اللازم له
($3.315\times10^{-19}J$ , $3\times10^{-19}J$ ,$0.315\times10^{-19}J$ , 0.16V)

**مثال/9** فوتون مقدار زخمه $3.315\times10^{-4}kg.m/s$ احسب مقدار: 1- طوله الموجي    2- طاقته ؟
($2\times10^{-30}m$ , $9.945\times10^{4}J$)

**مثال/10** فوتون طاقته $8\times10^{-16}J$ اسقط على سطح معدن ، ما مقدار : 1- الطول الموجي للفوتون
2- زخم الفوتون    3- الطاقة الحركية العظمى للإلكترون المنبعث اذا علمت أن جهد الإيقاف اللازم له 0.16V.
(0.25nm , $2.652\times10^{-24}kg.m/s$ , $0.256\times10^{-19}J$)

س/ ما هو أساس عمل الأجهزة الالكترونية؟
ج/ تعتمد على الثنائيات البلورية المختلفة والترانزستورات والدوائر المتكاملة.
س/ ما الأغلفة الالكترونية التي تشارك الكتروناتها في التفاعلات الكيمائية وتحدد الخواص الالكترونية للمادة؟
ج/ الأغلفة الثانوية الخارجية الأكثر بعدا عن النواة والتي تسمى أغلفة التكافؤ هي التي تشارك الكتروناتها والتي تسمى الكترونات التكافؤ في التفاعلات الكيميائية وتحدد الخواص الالكترونية للمادة.
س/ بماذا تتميز الكترونات التكافؤ؟
ج/ تتميز بـ :
1- تمتلك اكبر قدرا من الطاقة . 2- ضعيفة الارتباط جدا مع نواة ذراتها مقارنة بالالكترونات الاقرب الى النواة.
3- تسهم في التفاعلات الكيميائية . 4- تحدد الخواص الالكترونية للمادة.
س/ ماذا يسمى الغلاف الثانوي الخارجي الاكثر بعدا عن النواة ؟ وماذا تسمى الالكترونات التي تشغل هذا الغلاف؟
ج/ يسمى غلاف التكافؤ وتسمى الالكترونات التي تشغله بالكترونات التكافؤ.
س/ في ذرة الهيدروجين ما المقصود بمستوي الطاقة الصفري $(E=0)$ ؟ وما اقل مقدار طاقة يمكن ان يملكه الالكترون في هذه الذرة ؟
ج/ هو اعلى مستوي للطاقة في الذرة . اما اقل مقدار للطاقة يمكن ان يمتلكه الالكترون يساوي $(-13.6eV)$ .
**المادة الموصلة :** وهي المواد التي تسمح بانتقال التيار الالكتروني خلالها لذا تتحرك الشحنات الكهربائية في الموصلات بسهولة وتمتاز ذراتها بانها تمتلك الكترون تكافؤ واحد يرتبط مع النواة ارتباط ضعيفا جدا . وهذه الالكترونات تتمكن من فك ارتباطها مع النواة بسهولة وتصير حرة الحركة (الكترونات حرة) وان المواد الموصلة تحتوي وفرة من الالكترونات الحرة وبتسليط فرق جهد مناسب بين طرفي الموصل ينشأ تيار الكتروني خلال الموصل نتيجة لحركة الالكترونات باتجاه واحد اذ ان المقاومة الكهربائية النوعية للمواد الموصلة بحدود $(10^{-8}-10^{-5})\Omega m$.
**المادة العازلة :** هي تلك المواد التي لا تسمح بانسياب التيار الالكتروني خلالها في الظروف الاعتيادية وتكون الكترونات التكافؤ فيها مرتبطة ارتباطا وثيقا بالنواة والمقاومة الكهربائية النوعية للمواد العازلة تقع بحدود $(10^{10}-10^{16})\Omega m$.
**المادة شبه الموصلة :** هي تلك المادة التي تتحرك الشحنات الكهربائية فيها بحرية اقل مما هي عليه في الموصل والمقاومة الكهربائية النوعية لمادة شبه الموصل تقع بين المقاومة النوعية للمواد الموصلة والمواد العازلة حيث تقع بحدود $(10^{-5}-10^{8})\Omega m$.
**س/ كيف تكون مستويات الطاقة للمواد الصلبة التي تحتوي عددا هائلا من الذرات المتراصة؟**
**ج/ تكون متداخلة مع بعضها البعض في المواد الموصلة مما يؤدي إلى تاثير الكترونات اية ذرة بالكترونات الذرات الاخرى المجاورة لها في المادة نفسها وبالتالي تقسم مستويات الطاقة المسموح بها في الاغلفة الثانوية الخارجية المتقاربة جدا من بعضها بشكل حزم وكل حزمة منها ذات مستويات طاقة ثانوية متقاربة جدا من بعضها مكونة ما يسمى حزم الطاقة.**
**س/ هنالك نوعان من حزم الطاقة يحددان الخواص الالكترونية للمادة ما هما ؟**
**الحزمة الاولى (حزمة التكافؤ) : تحتوي مستويات طاقة مسموح بها طاقتها واطئة وتكون مملوءة كليا او جزئيا بالالكترونات وتسمى الكتروناتها بالكترونات التكافؤ ولا تتمكن الكترونات التكافؤ من الحركة بين الذرات المتجاورة بسبب قربها من النواة فهي ترتبط بالنواة بقوى كبيرة نسبيا.**
**الحزمة الثانية (حزمة التوصيل) : تحتوي مستويات طاقة مسموح بها ذات طاقة عالية اعلى من مستويات الطاقة المسموح بها في حزمة التكافؤ وتسمى الكتروناتها بالكترونات التوصيل تتمكن الكترونات التوصيل من الانتقال بسهولة لتشارك في عملية التوصيل الكهربائي.**



س/ ما الذي يفصل بين حزمة التكافؤ وحزمة الوصيل؟

ج/ تفصل بينهما فجوة تسمى ثغرة الطاقة المحظورة وهي لا تحتوي مستويات طاقة مسموح بها كما لا تسمح للالكترونات ان تشغلها.

س/ ما المقصود بثغرة الطاقة المحظورة؟

ج/ هي منطقة محظورة (محرمة) لا تحتوي مستويات طاقة مسموح بها ولا تسمح للالكترونات ان تشغلها تقع بين حزمة التكافؤ وحزمة التوصيل .

س/ بماذا تمتاز ثغرة الطاقة المحظورة ؟

ج/ تمتاز بانها : 1- لا تحتوي مستويات طاقة مسموح بها . 2- لا تسمح للالكترونات ان تشغلها .

س/ كيف يمكن للالكترون ان ينتقل من حزمة التكافؤ الى حزمة التوصيل ؟

ج/ لكي ينتقل الالكترون يتطلب ان يكتسب طاقة كافية من مصدر خارجي (بشكل طاقة حرارية او طاقة ضوئية او بتاثير مجال كهربائي) مقدارها لا يقل عن مقدار ثغرة الطاقة المحظورة.

الطاقة
حزمة التوصيل
Conduction band
ثغرة الطاقة
حزمة التكافؤ
Valence band
عازل
شبه موصل
موصل

س/ بماذا تتميز حزم الطاقة في المواد الموصلة (المعادن مثلا)؟

ج/ تتميز بما يأتي :

1- تتداخل حزمة التكافؤ مع حزمة التوصيل.

2- تنعدم ثغرة الطاقة المحظورة بين حزمة التكافؤ وحزمة التوصيل .

3- تقل قابلية التوصيل الكهربائي في المعادن بارتفاع درجة حرارتها نتيجة لازدياد مقاومتها الكهربائية.

س/ بماذا تتميز حزم الطاقة في المواد العازلة؟

ج/ تتميز بما ياتي :

1- حزمة التكافؤ مملوءة بالكترونات التكافؤ.

2- حزمة التوصيل خالية من الالكترونات.

3- ثغرة الطاقة المحظورة واسعة نسبيا.

س/ تحت أي ظروف تسلك اشباه الموصلات النقية سلوك العوازل؟ وبماذا تمتاز حزم الطاقة عن هذه الظروف ؟

ج/ عند درجات حرارية منخفضة جدا (عند درجة الصفر كَلفن 0K) وفي حالة انعدام الضوء.

وتمتاز حزم الطاقة بما يلي :

1- حزمة التكافؤ مملوءة بالكترونات التكافؤ.

2- حزمة التوصيل خالية من الالكترونات.

3- ثغرة الطاقة المحظورة ضيقة نسبيا.

س/ ما السبب كون المعادن تمتلك قابلية توصيل كهربائية عالية؟

ج/ لان الكترونات التكافؤ حرة الحركة في المادة الموصلة نتيجة لانعدام ثغرة الطاقة المحظورة بين حزمتي التكافؤ والتوصيل وتداخل حزمة التكافؤ مع حزمة التوصيل.

س/ لماذا تقل قابلية التوصيل الكهربائي في المعادن بارتفاع درجة حرارتها؟

ج/ وذلك بسبب ازدياد مقاومتها وذلك لازدياد المعدل الزمني للطاقة الاهتزازية للذرات والجزيئات.

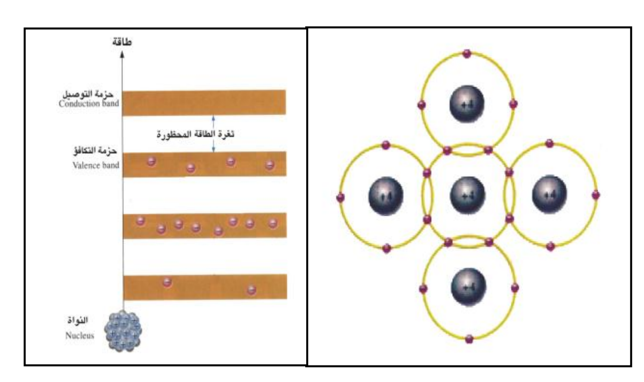
س/ لماذا لا تمتلك المادة العازلة قابلية توصيل كهربائية؟

ج/ وذلك لان ثغرة الطاقة المحظورة في المادة العازلة واسعة نسبيا (مقدارها حوالي 5eV) لذا فان الكترونات حزمة التكافؤ لا تستطيع عبور ثغرة الطاقة المحظورة والانتقال إلى حزمة التوصيل عندما تكون الطاقة المجهزة اقل من ثغرة الطاقة المحظورة وبالنتيجة تبقى حزمة التكافؤ مملوءة بالالكترونات وحزمة التوصيل خالية من الالكترونات.

س/ ماذا يحصل عند تسليط مجال كهربائي كبير المقدار على المادة العازلة او تعرضها لتاثير حراري كبير ؟

ج/ ان ذلك يتسبب في انهيار العازل فينساب تيار قليل جدا خلاله.

**س/ ما اهم اشباه الموصلات الاكثر استعمالا في التطبيقات الالكترونية؟**



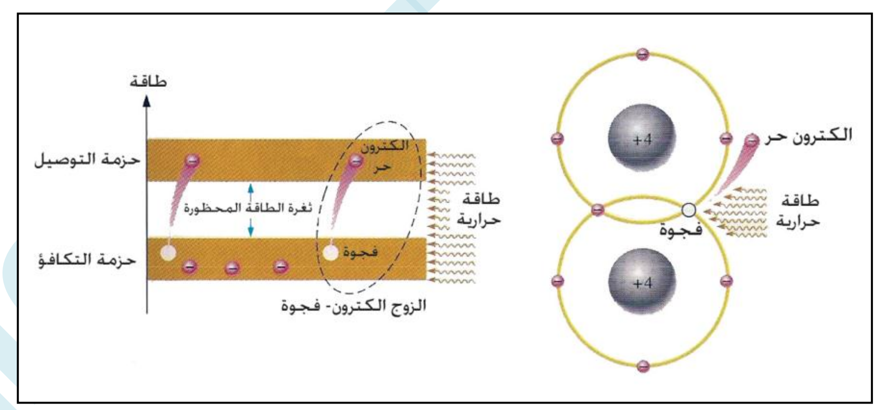
**ج/ الجرمانيوم (Ge) والسليكون (Si) حيث تحتوي كل ذرة منهما على اربعة الكترونات تكافؤ لذا فان كل ذرة سليكون تتحد بوساطة الكترونات التكافؤ الاربعة مع اربع ذرة مجاورة لها من السليكون وبهذا تنشا ثمانية الكترونات تكافؤ يكون كل زوج منها اصرة تساهمية تربط كل ذرتين متجاورتين في بلورة السليكون وتجعل البلورة في حالة استقرار كيميائي .**

س/ يكون السليكون النقي عازلا في درجات الحرارة المنخفضة جدا؟
ج/ لان حزمة التوصيل تكون فارغة عند درجة الصفر كَلفن لعدم وجود طاقة كافية للالكترونات لكي تنتقل من حزمة التكافؤ إلى حزمة التوصيل.

**س/ ما نوع الاصرة التي تربط ذرات الجرمانيوم او السليكون ببلوراتها؟**
**ج/ اصرة تساهمية أي ان كل الكترون من الكترونات التكافؤ يكون تابعا لذرتين في الوقت نفسه.**

**س/ كيف يمكن زيادة قابلية التوصيل الكهربائي لمادة شبه الموصل النقي؟**
**ج/ وذلك من خلال اكسابه طاقة كافية من مصدر خارجي بشكل طاقة حرارية او ضوئية او مجال كهربائي مقدارها لا يقل عن ثغرة الطاقة المحظورة فتنتقل الالكترونات من حزمة التكافؤ إلى حزمة التوصيل .**

**س/ كيف يمكننا جعل شبه الموصل النقي يمتلك قابلية توصيل كهربائي بوساطة التاثير الحراري؟**
**ج/ عند ارتفاع درجة حرارة شبه الموصل النقي إلى درجة حرارة الغرفة (300k) تكتسب الكترونات التكافؤ طاقة حرارية تكفي لكسر بعض الاواصر التساهمية فتتمكن هذه الالكترونات من الانتقال عبر ثغرة الطاقة المحظورة من حزمة التكافؤ إلى حزمة التوصيل تاركه خلفها فجوة وبهذا تكون هذه الالكترونات حرة في حركتها خلال حزمة التوصيل.**




س/ كيف يمكن زيادة قابلية التوصيل الكهربائي لمادة شبه الموصل النقي؟
ج/ وذلك من خلال اكسابه طاقة كافية من مصدر خارجي بشكل طاقة حرارية او ضوئية او مجال كهربائي مقدارها لا يقل عن ثغرة الطاقة المحظورة فتنتقل الالكترونات من حزمة التكافؤ إلى حزمة التوصيل .

س/ كيف تفسر انتقال الالكترون من حزمة التكافؤ إلى حزمة التوصيل في المادة شبه الموصلة النقية؟
ج/ تفسير ذلك بان الالكترون قد اكتسب طاقة مقدارها لا يقل (مساوي او اكبر ) عن ثغرة الطاقة المحظورة.

س/ ما تاثير زيادة درجة الحرارة على معدل توليد الازواج (الكترون – فجوة) المتولدة في شبه موصل نقي؟
ج/ يزداد معدل توليد الازواج (الكترون – فجوة) بزيادة درجة الحرارة نتيجة لتحطيم الاواصر وانتقال الكترونات من حزمة التكافؤ إلى حزمة التوصيل لتشارك في عملية التوصيل الكهربائي.

س/ كيف تتولد الفجوة في شبه الموصل ؟
ج/ تتولد نتيجة لانتزاع الكترون واحد من ذرة السليكون او الجرمانيوم نتيجة تاثير حراري او تاثير ضوئي.

س/ ماذا يعني ان ثغرة الطاقة المحظورة للسليكون وعند درجة حرارة الغرفة (300K) تساوي (1.1eV) .
ج/ يعني ان الالكترون لكي ينتقل من حزمة التكافؤ الى حزمة التوصيل عبر ثغرة الطاقة المحظورة يحتاج الى طاقة مقدارها لا يقل عن (1.1eV) .
س/ ماذا يعني ان ثغرة الطاقة المحظورة للجرمانيوم وعند درجة حرارة الغرفة (300K) تساوي (0.72eV) .
ج/ يعني ان الالكترون لكي ينتقل من حزمة التكافؤ الى حزمة التوصيل عبر ثغرة الطاقة المحظورة يحتاج الى طاقة مقدارها لا يقل عن (0.72eV) .

### ملاحظات/

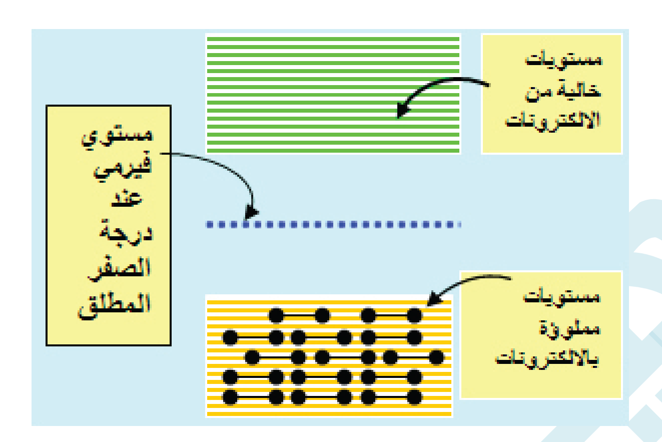
1- تستمر عملية توليد الازواج (الكترون – فجوة) مع استمرار التاثير الحراري فيزداد بذلك المعدل الزمني لتوليد الازواج (الكترون – فجوة) بارتفاع درجة حرارة مادة شبه الموصل النقي اذ يزداد عدد الالكترونات الحرة المنتقلة من حزمة التكافؤ إلى حزمة التوصيل ويزداد نتيجة لذلك عدد الفجوات الموجبة .
2- يحصل نقصان في المقاومة النوعية لمادة شبه الموصل بارتفاع درجة حرارته.
3- يقل مقدار ثغرة الطاقة المحظورة لمادة شبه الموصل النقي بارتفاع درجة حرارته فوق الصفر كَلفن حتى درجة حرارة الغرفة (300k) فيكون مقدارها عند تلك الدرجة (1.1eV للسليكون النقي) و (0.72eV للجرمانيوم النقي)
4- في شبه الموصل النقي وعند درجة حرارة الغرفة (300K) يكون تركيز الفجوات الموجبة المتولدة في حزمة التكافؤ مساويا لتركيز الالكترونات الحرة في حزمة التوصيل.
5- ان وجود الالكترون الحر يعني وجود قابلية توصيل كما ان وجود فجوة يعني وجود قابلية توصيل.
6- ان الفجوة تسلك سلوك شحنة موجبة لها مقدار شحنة الالكترون نفسها.
7- ان ملء الفجوة يعني انتقالها إلى حيث ترك الالكترون مكانه في ذرة اخرى.

س/ لماذا لا يتكون العدد نفسه من الازواج (الكترون – فجوة) عند درجة حرارية واحدة لمادتين مختلفتين .
ج/ وذلك لاختلاف ثغرة الطاقة المحظورة للمادتين .

### تيار الالكترونات وتيار الفجوات:

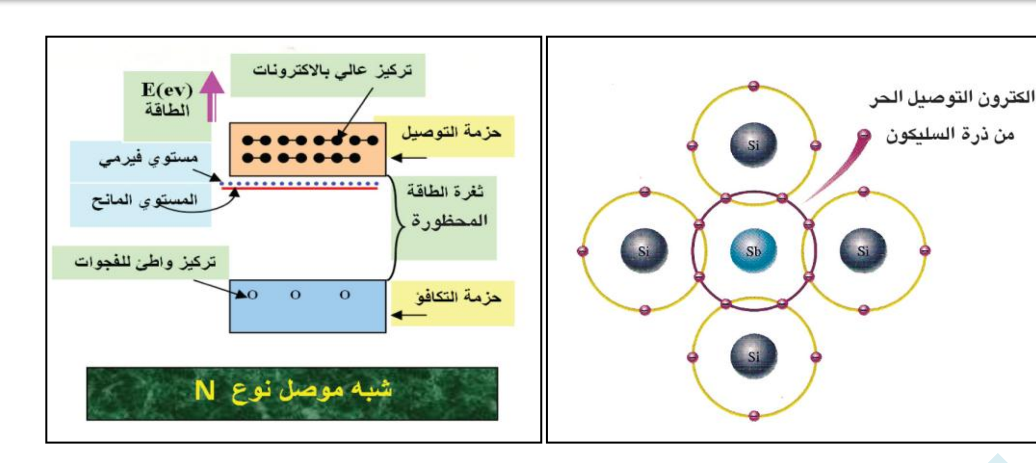
**س/ ما نوعا التيار المتولد عند تسليط مجال كهربائي مناسب بين جانبي بلورة شبه الموصل النقي وعند درجة حرارة الغرفة ؟**
**ج/ تيار الالكترونات وتيار الفجوات.**
س/ كيف يتولد تيار الالكترونات وتيار الفجوات في مادة شبه الموصل النقي؟
ج/ عند تسليط مجال كهربائي مناسب بين جانبي بلورة شبه الموصل النقي مثل السليكون وعند درجة حرارة الغرفة تنجذب الالكترونات الحرة بسهولة نحو الطرف الموجب (تكون حركة الالكترونات باتجاه معاكس لاتجاه المجال الكهربائي المسلط) ونتيجة لحركة الالكترونات الحرة هذه خلال مادة شبه الموصل النقي ينشأ تيار الالكترونات . وفي نفس الوقت يتولد تيار من نوع اخر في حزمة التكافؤ نتيجة لحركة الفجوات الموجبة داخل البلورة باتجاه المجال المسلط ويسمى هذا التيار بتيار الفجوات.
س/ لماذا تكون حركة الفجوات عكس حركة الالكترونات في بلورة شبه الموصل النقي عند تسليط مجال كهربائي؟
ج/ لانه عند تسليط مجال كهربائي مؤثر على البلورة يجعل الفجوات تتحرك باتجاه المجال بينما الالكترونات سوف تتحرك بعكس المجال.
س/ اذا سلط مجال كهربائي على مادة شبه موصلة نقية ما تاثيره في الفجوات وفي الالكترونات الحرة؟
ج/ تتحرك الفجوات باتجاه المجال الخارجي نفسه بينما تتحرك الالكترونات بالاتجاه المعاكس له.
س/ اذا سلط مجال كهربائي على مادة شبه موصلة ما تاثيره في الفجوات والالكترونات الحرة؟
ج/ تتحرك الفجوات باتجاه المجال الكهربائي الخارجي نفسه بينما تتحرك الالكترونات بالاتجاه المعاكس له.
س/ ما الذي يحدد اشغال الالكترونات مستوي معين من مستويات الطاقة المسموح بها للالكترونات؟
ج/ ان اشغال الالكترونات بمستوي طاقة مسموح به يقارن نسبة إلى مستوي طاقة معين يسمى مستوي فيرمي.
س/ اين يقع مستوي فيرمي في الموصلات وعند درجة حرارة صفر كلفن؟
ج/ يقع فوق المنطقة المملوءة بالالكترونات من حزمة التوصيل ومستوي الطاقة التي تشغله هذه الالكترونات يكون تحت مستوي فيرمي.

س/ اين يقع مستوي فيرمي لاشباه الموصلات النقية؟
ج/ يقع في منتصف ثغرة الطاقة المحظورة بين حزمة التوصيل وحزمة التكافؤ.
س/ ما الذي يحصل لمستوي فيرمي عند تطعيم شبه الموصل بشوائب ذراتها خماسية او ثلاثية التكافؤ؟
ج/ ينزاح مستوي فيرمي نحو الاعلى او نحو الاسفل وتتحدد تلك الازاحة وفقا لنوع الشائبة المضافة.
**س/ ما المقصود بالتيار الكلي المنساب خلال شبه الموصل النقي؟**
**ج/ هو التيار الناتج من مجموع تيار الالكترونات وتيار الفجوات.**
**س/ ماذا تسمى كل من الالكترونات والفجوات؟**
**ج/ تسمى حوامل الشحنة.**




## اشباه الموصلات المُطعمة(المشوبة او غير النقية):

**س/ ايهما افضل لزيادة التوصيل الكهربائي لاشباه الموصلات النقية عملية التشويب ام التاثير الحراري؟ وضح ذلك.**
ج/ عملية التشويب . لانه يكون بالامكان السيطرة على قابلية التوصيل الكهربائي في شبه الموصل وزيادتها بنسبة كبيرة نتيجة لازدياد حاملات الشحنة (الالكترونات – الفجوات) بالبلورة مقارنة مع ما يحصل في التاثير الحراري.
**س/ لماذا نلجأ إلى تطعيم شبه الموصل النقي بشوائب خماسية التكافؤ او ثلاثية التكافؤ اذا كان التاثير الحراري يعمل على زيادة قابليته في التوصيل الكهربائي؟**
ج/ وذلك لعدم السيطرة على قابلية التوصيل الكهربائي لمادة شبه الموصل النقي بطريقة التاثير الحراري فتضاف شوائب ذراتها خماسية التكافؤ او ثلاثية التكافؤ بعناية وبمعدل مسيطر عليه (بنسبة واحد لكل $10^8$ تقريبا) وبدرجة حرارة الغرفة وبنسب قليلة ومحدودة بعملية تسمى التطعيم وتزداد قابلية التوصيل الكهربائي بزيادة حاملات الشحنة (الالكترونات والفجوات) بالبلورة مقارنة مع ما يحصل في التاثير الحراري.
**س/ ما المواد الشائبة التي تستعمل لجعل شبه الموصل من نوع N ؟ وضح ذلك.**
**ج/ تضاف شوائب خماسية التكافؤ مثل الانتيمون (من النوع المانح) إلى بلورة سليكون نقي (Si) فتفقد ذرة الانتيمون الكترونها الخامس وتصبح ايونا موجبا فترتبط مع اربع ذرات سليكون باواصر تساهمية فيزداد نتيجة لذلك عدد الالكترونات الحرة على عدد الفجوات (لان الالكترونات الحرة المتولدة نتيجة اضافة الشوائب لا يقابلها ظهور فجوات) فيتكون شبه موصل غني بالالكترونات يدعى نوع N.**
**س/ كيف يمكن الحصول على بلورة شبه الموصل نوع N؟**
ج/ للحصول على بلورة شبه الموصل نوع N يتطلب تطعيم بلورة شبه موصل نقية (سليكون او جرمانيوم) بشوائب ذراتها خماسية التكافؤ مثل الانتيمون Si بعناية وبمعدل مسيطر عليه وفي درجة حرارة الغرفة ونتيجة لذلك فان كل ذرة انتيمون تزيح ذرة سليكون من التركيب البلوري وترتبط مع اربع ذرات سليكون مجاورة لها وتتم عملية الارتباط هذه بوساطة اربعة من الكترونات التكافؤ الخمسة للذرة الشائبة اما الكترون التكافؤ الخامس للذرة خماسية التكافؤ فيترك حرا في الهيكل البلوري.




**س/ ما الذي تسببه الذرات المانحة في بلورة شبه الموصل نوع N؟**

**ج/ تتسبب الذرات المانحة في ازدياد تركيز الالكترونات الحرة في حزمة التوصيل وتقلل من تركيز الفجوات الموجبة في حزمة التكافؤ (المتولدة اصلا بالتاثير الحراري) لذا فان الذرات المانحة تضيف مستوي طاقة جديد يسمى المستوي المانح يقع ضمن ثغرة الطاقة المحظورة وتحت حزمة التوصيل مباشرة حيث تشغل هذا المستوي الالكترونات التي حررتها الذرات المانحة ونتيجة لذلك يرتفع مستوي فيرمي ويقترب من حزمة التوصيل .**

س/ لماذا يكون تركيز الالكترونات في حزمة التوصيل اكبر من تركيز الفجوات في حزمة التكافؤ في بلورة شبه الموصل نوع N؟

ج/ لان هذه الالكترونات تحررها الشوائب خماسية التكافؤ لذلك عند انتقالها إلى حزمة التوصيل لا تترك فجوات في حزمة التكافؤ كما يحصل بالتاثير الحراري فهذه الالكترونات لا تنتقل من حزمة التكافؤ وانما تنتقل من المستوي المانح والذي يقع ضمن ثغرة الطاقة المحظورة وتحت حزمة التوصيل مباشرة.

س/ لماذا تسمى الالكترونات بحاملات الشحنة الرئيسية (او الحاملات الاغلبية) والفجوات بحاملات الشحنة الثانوية (او الحاملات الاقلية) في بلورة شبه الموصل نوع N؟

ج/ لان الالكترونات تولدت من عملية التطعيم والتاثير الحراري اما الفجوات تتولد نتيجة التاثير الحراري فقط.

س/ لماذا تسمى بلورة شبه الموصل بعد تطعيمها بشوائب خماسية التكافؤ بشبه الموصل نوع N واحيانا بالبلورة السالبة؟

ج/ لان الحاملات الاغلبية للشحنة هي الالكترونات السالبة والحاملات الاقلية للشحنة هي الفجوات الموجبة.

س/ ما صافي الشحنة الكلية للبلورة نوع N ؟ ولماذا؟

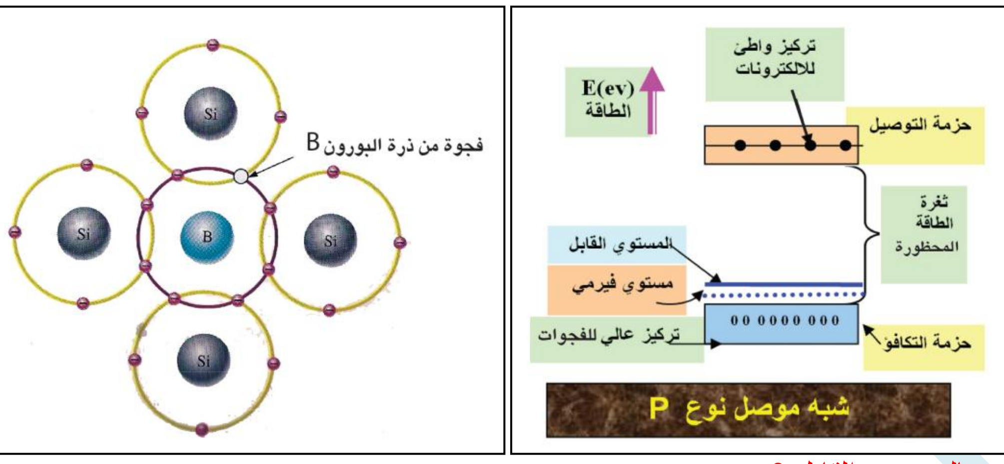
ج/ صافي الشحنة الكلية يساوي صفر أي متعادلة كهربائيا وذلك لانها تمتلك عددا من الشحنات السالبة (الالكترونات الحرة في حزمة التوصيل) مساويا إلى عدد الشحنات الموجبة (الفجوات في حزمة التكافؤ والايونات الموجبة للشوائب خماسية التكافؤ).

**س/ ما المواد الشائبة التي تستعمل لجعل شبه الموصل من نوع P ؟ وضح ذلك.**

**ج/ تضاف شوائب ثلاثية التكافؤ مثل البورون (B) (من النوع القابل) إلى بلورة سليكون نقي (Si) فتقتنص ذرة البورون هذه الكترونا من ذرة سليكون مجاورة وتصبح ايونا سالبا فترتبط مع اربع ذرات سليكون باواصر تساهمية فيزداد نتيجة لذلك عدد الفجوات الموجبة على عدد الالكترونات الحرة فيتكون شبه موصل غني بالفجوات نوع P .**

**س/ كيف يمكن الحصول على بلورة شبه الموصل نوع P؟**

**ج/ للحصول على بلورة شبه الموصل نوع P يتطلب تطعيم بلورة شبه موصل نقية (سليكون او جرمانيوم) بذرات شوائب ثلاثية التكافؤ مثل البورون B بعناية وبمعدل مسيطر عليه وبدرجة حرارة الغرفة ونتيجة لذلك فان كل ذرة شائبة تزيح ذرة سليكون من التركيب البلوري وترتبط مع ثلاث ذرات سليكون مجاورة لها ولكن الشائبة ثلاثية التكافؤ تترك اصرة تساهمية تفتقر إلى الكترون واحد ونتيجة لذلك تتولد فجوة في بلورة السليكون المطعمة بشوائب ثلاثية التكافؤ تقبل الكترونا من الكترونات التكافؤ لكي ترتبط باربعة اواصر تساهمية مع اربع ذرات سليكون ولهذا السبب فان الشائبة ثلاثية التكافؤ تسمى بالذرة القابلة.**




س/ ما المقصود بالمستوي القابل ؟

ج/ المستوي القابل : هو مستوي طاقة يقع في منطقة ثغرة الطاقة المحظورة وعلى مسافة قريبة جدا من حزمة التكافؤ يتولد نتيجة لاضافة شوائب ثلاثية التكافؤ الى المادة شبه الموصلة النقية تنتقل اليه الالكترونات من حزمة التكافؤ تاركة خلفها فجوات في تلك الحزمة .

س/ لماذا لا يعد الايون السالب المتولد عند اضافة شائبة من نوع القابل إلى بلورة شبه موصل نقية من حاملات الشحنة؟

ج/ لان هذا الايون السالب يرتبط مع اربع ذرات مجاورة ويرتبط مع الهيكل البلوري ارتباطا وثيقا فلا يتحرك ولا يعد من حاملات الشحنة ولا يشارك في عملية التوصيل الكهربائي لشبه الموصل المطعم.

س/ بعد تطعيم بلورة شبه الموصل (مثل السليكون) : بشوائب خماسية التكافؤ (مثل الانتيمون) ما نوع البلورة التي نحصل عليها . اتكون شحنتها موجبة ؟ ام سالبة ؟ ام متعادلة كهربائيا ؟

ج/ نحصل على بلورة شبه موصل نوع N الحاملات الاغلبية للشحنة هي الالكترونات الحرة وان شحنة البلورة ستكون متعادلة كهربائيا وذلك لانها تمتلك عددا من الشحنات السالبة (الالكترونات الحرة في حزمة التوصيل) مساويا الى عدد الشحنات الموجبة (الفجوات في حزمة التكافؤ والايونات الموجبة للشوائب خماسية التكافؤ).

**س/ ما الذي تسببه الذرات القابلة في بلورة شبه الموصل نوع P؟**

**ج/ تتسبب الذرات القابلة في نشوء فجوة في حزمة التكافؤ عند قبولها الكترونا من الكترونات التكافؤ فتزيد تركيز الفجوات في حزمة التكافؤ وتقلل تركيز الالكترونات الحرة في حزمة التوصيل والمتولدة اصلا بالتاثير الحراري لذا فان الذرات القابلة هذه تضيف مستوى طاقة جديد يسمى المستوي القابل يقع ضمن ثغرة الطاقة المحظورة وفوق حزمة التكافؤ مباشرة.ونتيجة لذلك ينخفض مستوى فيرمي ويقترب من حزمة التكافؤ.**

س/ لماذا يكون تركيز الفجوات في حزمة التكافؤ اكبر من تركيز الالكترونات الحرة في حزمة التوصيل في بلورة شبه الموصل نوع P؟

ج/ لان هذه الفجوات تنشأ في حزمة التكافؤ عند قبولها الكترون من الكترونات التكافؤ ولا يحصل انتقال الكترونات اضافية إلى حزمة التوصيل كما حصل في التاثير الحراري.

س/ لماذا تسمى الفجوات بحاملات الشحنة الرئيسية (او الحاملات الأغلبية) والالكترونات بحاملات الشحنة الثانوية (او الحاملات الاقلية) في بلورة شبه الموصل نوع N؟

ج/ لان الفجوات تولدت من عملية التطعيم والتأثير الحراري اما الالكترونات تتولد نتيجة التأثير الحراري فقط.

س/ لماذا تسمى بلورة شبه الموصل بعد تطعيمها بشوائب ثلاثية التكافؤ بشبه الموصل نوع P واحيانا بالبلورة من النوع الموجب؟

ج/لان الحاملات الاغلبية للشحنة هي الفجوات الموجبة في حزمة التكافؤ والحاملات الاقلية للشحنة هي الالكترونات السالبة في حزمة التوصيل.

س/ ما صافي الشحنة الكلية للبلورة نوع P ؟ ولماذا؟

ج/ صافي الشحنة الكلية يساوي صفر أي متعادلة كهربائيا وذلك لانها تمتلك عددا من الشحنات السالبة (الالكترونات الحرة في حزمة التوصيل والايونات السالبة للشوائب ثلاثية التكافؤ) مساويا إلى عدد الشحنات الموجبة (الفجوات في حزمة التكافؤ).

س/ هل يمكن ان توجد فجوات في السليكون من نوع N؟ او توجد الكترونات حرة في السليكون من نوع P؟ اشرح ذلك.

ج/ نعم توجد فجوات في السليكون من نوع N وتوجد الكترونات حرة في السليكون من نوع P بسبب التاثير الحراري وليس نتيجة اضافة الشوائب ويكون عدد الفجوات في السليكون من نوع N قليلا لذا تكون الالكترونات هي الاغلب وتقوم بنقل الشحنات بينما يكون عدد الالكترونات الحرة في السليكون نوع P قليلا لذا تكون الفجوات هي الاغلب وتقوم بنقل الشحنات.

س/ ما هي النواقل الرئيسية والثانوية للشحنة في كل من 1- شبه الموصل نوع N 2- شبه الموصل نوع P

ج/ 1- في النوع N النواقل الرئيسية هي الالكترونات والثانوية هي الفجوات الموجبة.

2- في النوع P النواقل الرئيسية هي الفجوات الموجبة والثانوية هي الالكترونات.

س/ ما مقدار ثغرة الطاقة المحظورة للسليكون والجرمانيوم عند درجة حرارة :

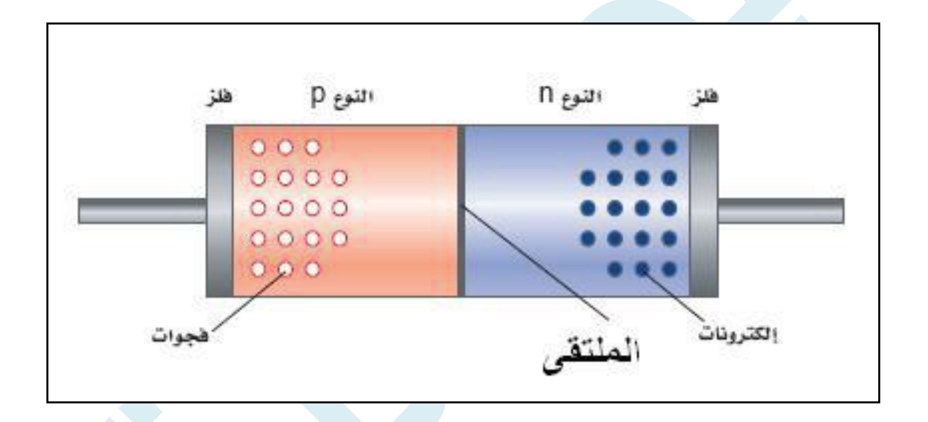
(1) الصفر المطلق. (2) المختبر (300k).

ج/ (1) (1.2eV) للسليكون و (0.78eV) للجرمانيوم. (2) (1.1eV) للسليكون و (0.72eV) للجرمانيوم.

**الثنائي pn :**

س/ ما الفائدة العملية من الثنائي البلوري pn؟

ج/ وذلك لغرض : 1- التحكم باتجاه التيار 2- لتغيير او تحسين اشكال الاشارات الخارجة.



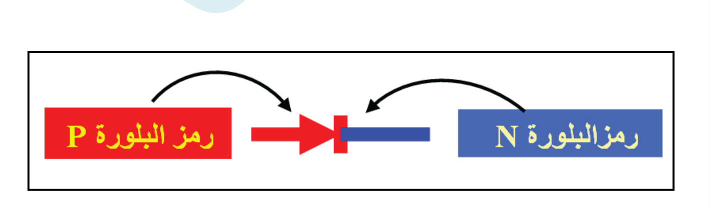

**س/ كيف يمكن الحصول على الثنائي البلوري pn؟**

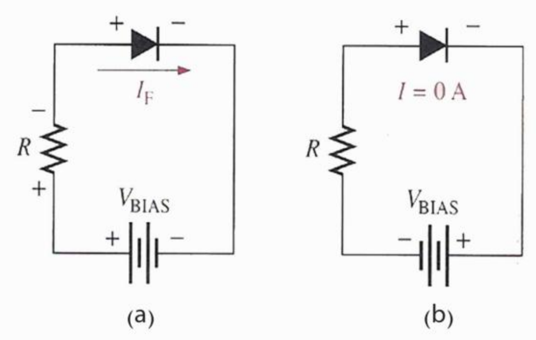
**ج/ ناخذ بلورة شبه موصل نقية (سليكون او جرمانيوم) تطعم بنوعين من الشوائب احداهما ثلاثية التكافؤ (البورون مثلا) فنحصل على منطقة شبه الموصل نوع p والشوائب الاخرى خماسية التكافؤ (الانتيمون مثلا) فتحصل على منطقة شبه موصل من النوع n وتطلى منطقة الاتصال بمادة فلزية بحيث يمكن وصل الاسلاك الموصلة بها عند ربط الثنائي البلوري (pn) بالدائرة الخارجية ويطلق على السطح الفاصل بين المنطقتين الملتقى.**

**س/ كيف تنشأ منطقة الاستنزاف في الثنائي البلوري pn؟**

**ج/ ان الالكترونات الحرة في المنطقة N والقريبة من الملتقى pn تنتشر إلى المنطقة p عبر الملتقى مولدة ايونات موجبة في المنطقة N وفي نفس الوقت تنتقل فجوات من المنطقة P إلى المنطقة N عبر الملتقى مولدة ايونات سالبة في المنطقة P وعندئذ تلتحم الالكترونات مع الفجوات القريبة من الملتقى ونتيجة لهذه العملية تنشأ منطقة رقيقة على جانبي الملتقى تحتوي ايونات موجبة في المنطقة N وايونات سالبة في المنطقة P وتكون خالية من حاملات الشحنة تسمى منطقة الاستنزاف.**

س/ ما تفسير توقف انتشار الالكترونات عبر الملتقى pn عندما تحصل حالة الاتزان؟
ج/ ان استمرار انتشار الالكترونات عبر الملتقى pn يولد ايونات موجبة اكثر وايونات سالبة اكثر على جانبي الملتقى pn في منطقة الاستنزاف فيتولد نتيجة لذلك مجال كهربائي وان فرق الجهد الكهربائي الناتج عن هذا المجال والمسمى بحاجز الجهد يعمل على منع عبور الكترونات اضافية عبر الملتقى pn فتتوقف عندئذ عملية انتشار الالكترونات.
س/ ما المقصود بحاجز الجهد للملتقى pn؟
ج/ هو فرق جهد كهربائي على جانبي الملتقى pn للثنائي البلوري يتولد نتيجة لظهور الايونات الموجبة في المنطقة n والايونات السالبة في المنطقة p.
ملاحظة/
مقدار حاجز الجهد في الثنائي pn عند درجة حرارة الغرفة (300k) يساوي (0.7V) للمصنوع من السليكون و (0.3V) للمصنوع من الجرمانيوم.
س/ لماذا يتطلب تسليط فولطية الانحياز للثنائي pn؟
ج/ لان انتشار الالكترونات يتوقف عبر الملتقى pn عند حصول حالة الاتزان ولغرض توفير ظروف عملية مناسبة للجهاز الالكتروني المستعمل يتطلب تسليط فرق جهد كهربائي مستمر يسمى فولطية الانحياز.
س/ توجد طريقتان لانحياز الملتقى pn اذكرهما؟
ج/ 1- طريقة الانحياز الامامي 2- طريقة الانحياز العكسي.
س/ اشرح طريقة الانحياز الامامي للثنائي البلوري PN .
ج/ يربط طرفا الثنائي PN بين قطبي بطارية بوساطة اسلاك توصيل ومقاومة R (لتحديد مقدار التيار المنساب خلال الثنائي ولتجنب تلف الثنائي) بحيث يربط القطب الموجب للبطارية مع المنطقة P للثنائي والقطب السالب للبطارية يربط مع المنطقة N للثنائي ويجب ان يكون فرق الجهد المسلط على طرفي الثنائي اكبر من فرق جهد الحاجز للملتقى PN .
س/ ماذا يحصل للثنائي pn عندما يكون محيزا اماميا؟
ج/ تتنافر الالكترونات الحرة في المنطقة N (وهي الحاملات الاغلبية للشحنة في المنطقة N) مع القطب السالب للبطارية مندفعة نحو الملتقى pn مكتسبة طاقة من البطارية تمكنها من التغلب على حاجز الجهد الكهربائي وتعبر الملتقى pn إلى المنطقة p وفي الوقت نفسه تتنافر الفجوات في المنطقة p (وهي الحاملات الاغلبية للشحنة في المنطقة p) مع القطب الموجب للبطارية نحو الملتقى pn مكتسبة طاقة من البطارية تمكنها من التغلب على حاجز الجهد وتعبر الملتقى pn إلى المنطقة N وبذلك تضيق منطقة الاستنزاف ويقل حاجز الجهد للملتقى pn لان اتجاه المجال الكهربائي المسلط على الثنائي يكون معاكسا لاتجاه المجال الكهربائي لحاجز الجهد واكبر منه وتقل بذلك مقاومة الملتقى ولهذه الاسباب ينساب تيار كبير خلال الملتقى pn يسمى بالتيار الامامي.
س/ ما الفائدة العملية من ربط مقاومة مع الثنائي pn عندما يكون محيز اماميا؟
ج/1- تعمل على تحديد مقدار التيار المنساب خلال الثنائي. 2- تجنب تلف الثنائي.
س/ اشرح طريقة الانحياز العكسي للثنائي البلوري PN .
ج/ يربط طرفا الثنائي PN بين قطبي بطارية بوساطة اسلاك توصيل ومقاومة R بحيث يربط القطب السالب للبطارية مع المنطقة P للثنائي والقطب الموجب للبطارية يربط مع المنطقة N للثنائي .



**مخطط للدائرة الكهربائية المستعمل فيها رمز الثنائي بطريقتين فالشكل (a) يوضح الثنائي مربوط بطريقة الانحياز الامامي (لاحظ انسياب تيار في الدائرة) والشكل (b) يوضح الثنائي مربوط بطريقة الانحياز العكسي (لاحظ عدم انسياب تيار في الدائرة)**

**س/ ماذا يحصل للثنائي pn عندما يكون محيزا عكسيا؟**
**ج/ تنجذب الالكترونات الحرة في المنطقة N نحو القطب الموجب للبطارية مبتعدة عن الملتقى pn وفي الوقت نفسه تنجذب الفجوات في المنطقة p نحو القطب السالب للبطارية مبتعدة عن الملتقى pn وبذلك تتسع منطقة الاستنزاف ويزداد جهد الحاجز على جانبي الملتقى pn لان اتجاه المجال الكهربائي المسلط على الثنائي يكون باتجاه المجال الكهربائي لحاجز الجهد للملتقى pn فتزداد بذلك مقاومة الثنائي ولهذه الاسباب ينساب تيار صغير جدا(يمكن ان يهمل) خلال الملتقى للثنائي pn يسمى بالتيار العكسي.**
**س/ قارن بين الانحياز الامامي والانحياز العكسي للثنائي البلوري PN من حيث سماحه بمرور التيار خلال الملتقى PN ؟**
ج/ الانحياز الامامي يسمح بمرور تيار عال خلال الملتقى PN بينما الانحياز العكسي يسمح بمرور تيار ضعيف جدا خلال الملتقى PN .

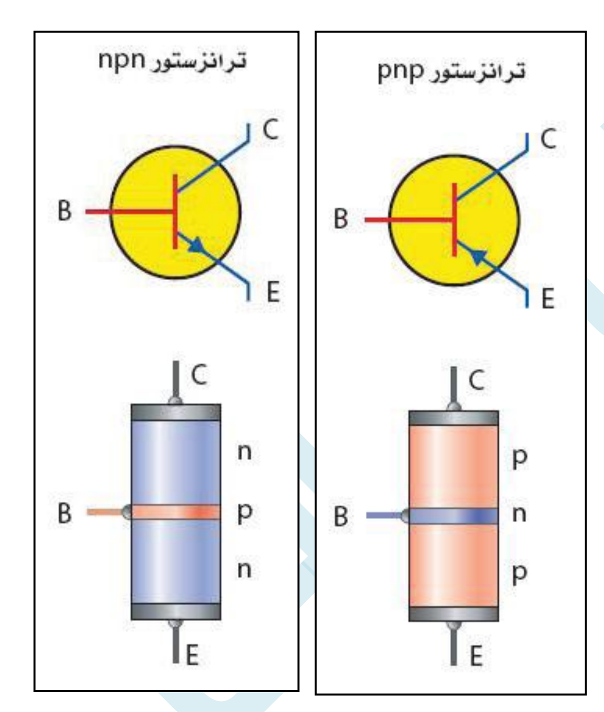
## بعض أنواع الثنائيات:

س/ اذكر بعض انواع الثنائيات ؟
1- الثنائي المتحسس للضوء 2- ثنائي الخلية الشمسية 3- الثنائي الباعث للضوء 4- الثنائي المعدل للتيار
س/ باي طريقة يربط الثنائي pn المتحسس للضوء؟ولماذا؟
ج/ يربط بطريقة الانحياز العكسي قبل تسليط الضوء عليه .
س/ هل ينساب تيار في دائرة الثنائي pn المتحسس للضوء قبل اسقاط ضوء عليه؟ولماذا؟
ج/ كلا لا ينساب تيار (التيار يساوي صفر) لان الثنائي مربوط بطريقة الانحياز العكسي فتيار الالكترونات والفجوات المتولد بالتاثير الحراري ضعيف جدا يمكن اهماله.
س/ ماذا يحصل عند اسقاط ضوء على الثنائي المتحسس للضوء؟
ج/ تتحول الطاقة الضوئية إلى طاقة كهربائية أي تتولد حاملات شحنة وبكمية تعتمد على شدة الضوء الساقط عليه.
س/ ما الغرض من استعمال الثنائي المتحسس للضوء؟
ج/ 1- تحويل الطاقة الضوئية الى طاقة كهربائية 2- استعماله في كاشفات الضوء 3- كمقياس لشدة الضوء.
س/ باي طريقة يربط ثنائي الخلية الشمسية قبل تسليط الضوء عليه؟ولماذا؟
ج/ يربط بطريق الانحياز العكسي لكي لا يسمح للتيار الذي ينتج عن الازواج (الكترون – فجوة) بالتاثير الحراري بالانسياب خلاله.
س/ ما الفائدة العملية من ثنائي الخلية الشمسية؟
ج/ 1- تحويل الطاقة الضوئية إلى طاقة كهربائية 2- في الاقمار الصناعية كمصدر طاقة.
س/ ما الغرض من ربط الخلايا الشمسية 1- على التوالي 2- على التوازي.
ج/ 1- لزيادة جهدها 2- لزيادة قدرتها.
س/ لماذا يحيز ثنائي الخلية الشمسية باتجاه عكسي قبل سقوط الضوء عليه؟
ج/ لان الفوتون الذي يمتلك طاقة تزيد على (1.1eV) يتمكن من توليد زوج من (الالكترون – فجوة) في السليكون والفوتون الذي يمتلك طاقة تزيد على (0.72eV) يتمكن من توليد زوج من (الالكترون – فجوة) في الجرمانيوم فيعمل هذا الثنائي على توليد قوة دافعة كهربائية بين طرفيه عند سقوط الضوء عليه ومقدارها في الثنائي المصنوع من السليكون (0.5V) والمصنوع من الجرمانيوم (0.1V).
س/ باي طريقة يربط الثنائي الباعث للضوء في الدائرة؟
ج/ يربط بطريقة الانحياز الامامي.

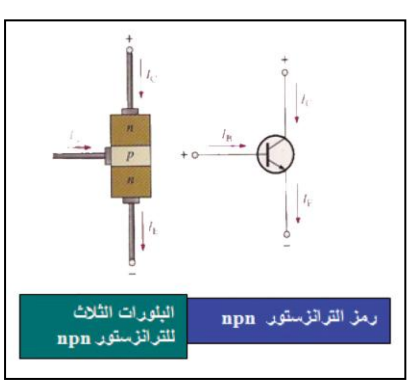
س/ ما الذي يحصل عند تسليط فرق جهد كهربائي خارجي بين طرفي الثنائي الباعث للضوء؟
ج/ ينساب تيار كهربائي في دائرته نتيجة حصول عملية اعادة الالتحام بين الالكترونات والفجوات فتتحرر طاقة نتيجة سقوط الالكترونات في الفجوات وهذه الطاقة تظهر بشكل حرارة في التركيب البلوري وقد تتحول هذه الطاقة إلى طاقة ضوئية عندما تكون مادة الثنائي زرنخيد الكاليوم (GaAs).
س/ علام يعتمد لون الضوء المنبعث من الثنائي الباعث للضوء؟
ج/ يعتمد على نوع المادة المصنوع منها الثنائي.
س/ علام تعتمد شدة الضوء المنبعث من الثنائي الباعث للضوء؟
ج/ تعتمد على مقدار التيار الامامي للثنائي البلوري المناسب في دائرته حيث تزداد شدة الضوء المنبعث بزيادة التيار (علاقة طردية).
س/ علامَ تعتمد فكرة الشاشات الرقمية؟
ج/ تعتمد على تركيب مجموعة من الثنائيات على شكل مكون من سبع اضلاع اذ يمكن اظهار الرقم المضيء من (0 – 9) بتوزيع التيار الكهربائي على الثنائي المستعمل لغرض معين.
س/ ما هي الالوان التي تبعثها الثنائيات الباعثة للضوء ؟
ج/ احمر ، اصفر ، اخضر وهناك ثنائيات تبعث اشعة تحت حمراء.
س/ ما الفائدة العملية من استعمال الثنائي المعدل للتيار المتناوب؟
ج/ يعمل على تحويل التيار المتناوب إلى تيار معدل بنصف موجة (تيار معدل باتجاه واحد).
س/ اين تستعمل الثنائيات الباعثة للضوء؟
ج/ في الحاسبات والساعات الرقمية لاظهار الارقام.

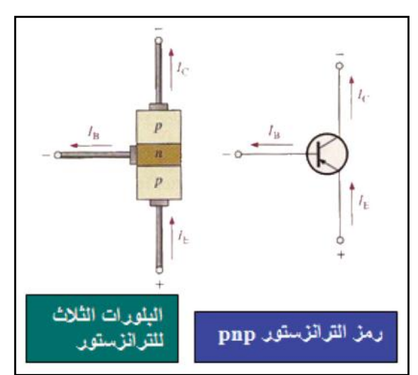
**الترانزستور:**

**س/ ما المقصود بالترانزستور؟ وما هي أنواعه؟**
**ج/ هو جهاز يتكون من ثلاث مناطق مصنوعة من مادة شبه موصلة (سليكون او جرمانيوم) يفصل بينها ملتقيان المناطق هي الباعث (Emitter) ورمزه (E) والقاعدة (Base) ورمزها (B) والجامع (Collector) ورمزه (C) حيث ان منطقة الباعث تطعم دائما بنسبة عالية من الشوائب ومنطقة القاعدة تطعم بنسبة قليلة من الشوائب اما منطقة الجامع فتكون نسبة الشوائب فيها متوسطة نسبيا.**



يكون الترانزستور على نوعين:
النوع الأول : ترانزستور pnp . النوع الثاني : ترانزستور npn .




س/ لماذا يحيز الباعث دائما انحيازا اماميا ؟
ج/ لان الباعث هو الذي يجهز حاملات الشحنة (الالكترونات او الفجوات) .
س/ لماذا يحيز الجامع دائما انحيازا عكسيا ؟
ج/ لان الجامع يعمل على جذب حاملات الشحنة (الالكترونات او الفجوات) خلال القاعدة .
س/ ممَ يتألف ترانزستور pnp؟
ج/ يتألف من منطقتين من شبه الموصل نوع p احداهما تسمى الباعث والأخرى تسمى الجامع تفصل بينهما منطقة رقيقة نسبيا من نوع n تسمى القاعدة والمناطق الثلاث هي أقطاب الترانزستور.
س/ ما نوع حاملات الشحنة التي تقوم بعملية التوصيل الكهربائي خلال الترانزستور pnp؟
ج/ الفجوات هي التي تتحرك من الباعث إلى الجامع خلال الترانزستور pnp وهي الحاملات الأغلبية للشحنة.
س/ ممَ يتألف ترانزستور npn؟
ج/ يتألف من منطقتين من شبه الموصل نوع n احداهما تسمى الباعث والأخرى تسمى الجامع تفصل بينهما منطقة رقيقة نسبيا تسمى القاعدة والمناطق الثلاث هي أقطاب الترانزستور.
س/ ما نوع حاملات الشحنة التي تقوم بعملية التوصيل الكهربائي خلال الترانزستور npn؟
ج/ الالكترونات هي التي تتحرك من الباعث إلى الجامع خلال الترانزستور npn وهي الحاملات الأغلبية للشحنة.
س/ ما علاقة تيار الباعث بتيار الجامع ؟
ج/ ان تيار الجامع ($I_C$) يكون دائما اقل من تيار الباعث ($I_E$) بمقدار تيار القاعدة ($I_B$) . أي ان : $I_C = I_E - I_B$.
س/ لماذا تكون القاعدة في الترانزستور رقيقة جدا وقليلة الشوائب؟
ج/ لكي تسمح بتدفق اكبر عدد من الفجوات او الالكترونات الحرة من الباعث إلى الجامع عبرها وهذا يجعل تيار القاعدة صغير جدا.
س/ لماذا يكون تيار الجامع اقل من تيار الباعث بمقدار تيار القاعدة ؟
ج/ وذلك بسبب حصول عملية اعادة الالتحام التي تحصل في منطقة القاعدة بين الفجوات والالكترونات فيكون :
$(I_C = I_E - I_B)$
س/ لماذا يكون تيار القاعدة صغير جدا نسبة الى تيار الباعث ؟
ج/ لان منطقة القاعدة رقيقة ونسبة تطعيمها بالشوائب قليلة.

### استعمال الترانزستور كمضخم :

س/ ما العمل الاساسي للترانزستور؟
ج/ تضخيم الاشارة الداخلة فيه.
س/ علامَ يعتمد اختيار شكل ونوع الترانزستور لتطبيق معين؟
ج/ يعتمد على ممانعة الدخول وممانعة الخروج.

س/ علامَ تعتمد عملية التضخيم في الترانزستور؟
ج/ تعتمد على سيطرة دائرة الدخول ذات القدرة الواطئة على دائرة الخروج ذات القدرة العالية.
**س/ اذكر أنواع المضخمات؟**
**1- المضخم pnp ذو القاعدة المشتركة (القاعدة المؤرضة).**
**2- المضخم pnp ذو الباعث المشترك (الباعث المؤرض).**
س/ بماذا يتميز المضخم pnp ذو القاعدة المشتركة؟
ج/ يتميز بان:
1- دائرة الدخول دائرة (الباعث – القاعدة) ممانعتها صغيرة جدا لان ملتقى (الباعث – القاعدة) يكون محيزا باتجاه امامي ودائرة الخروج دائرة (الجامع – القاعدة) تكون ممانعتها كبيرة جدا لان ملتقى (الجامع – القاعدة) يكون محيزا بالاتجاه العكسي.
2- ربح الفولطية ($A_V$) كبيرا لان فولطية انحياز دائرة الدخول صغيرة جدا في حين فولطية انحياز دائرة الخروج كبيرة جدا. أي ان : ( $A_V = \frac{V_{out}}{V_{in}}$ )
3- ربح التيار ( $\alpha$ ) اقل من الواحد الصحيح لان ربح التيار هو نسبة تيار الخروج (تيار الجامع $I_C$) إلى تيار الدخول (تيار الباعث $I_E$) أي ان ( $\alpha = \frac{I_C}{I_E}$ ).
4- ربح القدرة (G) يكون متوسطا حيث ربح القدرة هو نسبة القدرة الخارجة إلى القدرة الداخلة او ربح القدرة يساوي ربح التيار مضروبا في ربح الفولطية أي ان : ( $G = \alpha.A_V$ or $G = \frac{P_{out}}{P_{in}}$ ).
5- الإشارة الخارجة تكون بالطور نفسه مع الإشارة الداخلة لان تيار الجامع يتغير باتجاه تيار الباعث نفسه.
س/ هل يمكن ان ؟ ولماذا ؟ يستعمل المضخم pnp ذو القاعدة المشتركة لتكبير التيار ؟
ج/ كلا لا يمكن ذلك لان ربح التيار اقل من الواحد الصحيح حيث ( $\alpha = \frac{I_C}{I_E}$ ) وان تيار الجامع ($I_C$) اصغر من تيار الباعث ($I_E$) بمقدار تيار القاعدة ($I_B$) أي ان ($I_C = I_E - I_B$) .

س/ بماذا تتميز دائرة المضخم pnp ذي الباعث المشترك (الباعث المؤرض)؟
ج/ تتميز بان :
1- ربح التيار ( $\alpha$ ) عاليا لان ربح التيار هو نسبة تيار الخروج (تيار الجامع $I_C$) إلى تيار الدخول (تيار القاعدة $I_B$) أي ان : ( $\alpha = \frac{I_C}{I_B}$ ) .
2- ربح الفولطية ($A_V$) كبيرا لان فولطية الخروج اكبر من فولطية الدخول أي ان : ( $A_V = \frac{V_{out}}{V_{in}}$ ) .

3- ربح القدرة (G) يكون كبيرا جدا حيث ربح القدرة هو نسبة القدرة الخارجة إلى القدرة الداخلة او ربح القدرة يساوي ربح التيار مضروبا في ربح الفولطية أي ان : ( $G = \alpha.A_V$ or $G = \frac{P_{out}}{P_{in}}$ ).
4- الاشارة الخارجة تكون بطور معاكس للاشارة الداخلة فرق الطور ($180^o$) وسبب ذلك هو ان تيار الجامع يتغير باتجاه معاكس لتغير تيار القاعدة.



سعيد محي تومان

♦ **جدول للمقارنة بين المضخم** pnp **ذو القاعدة المشتركة والمضخم** pnp **ذو الباعث المشترك** :

| | ربح التيار $(\alpha)$ | ربح الفولطية $(A_V)$ | ربح القدرة $(G)$ | مقاومة الدخول $(R_{in})$ | مقاومة الخروج $(R_{out})$ |
|---|---|---|---|---|---|
| ذو القاعدة المشتركة | اقل من الواحد الصحيح | كبير | متوسط | صغيرة | كبيرة |
| ذو الباعث المشترك | كبير | كبير | كبير جدا | صغيرة | كبيرة |

س/ ماذا يحصل ؟ ولماذا ؟ عند وضع فولطية اشارة متناوبة بين طرفي دائرة الدخول في دائرة المضخم pnp ذي الباعث المشترك (الباعث المؤرض) .

ج/ سوف تعمل على تغير جهد القاعدة وان أي تغير صغير في جهد القاعدة سيكون كافيا لاحداث تغير كبير في تيار دائرة (الجامع – قاعدة) وبما ان هذا التيار ينساب خلال حمل مقاومته $(R_L)$ كبيرة المقدار فهو يولد فرق جهد كبير المقدار عبر مقاومة الحمل والذي يمثل فرق جهد الاشارة الخارجة وان الاشارة الخارجة من دائرة الجامع تكون بطور معاكس لطور الاشارة الداخلة لان تيار الجامع يتغير باتجاه معاكس لتغير تيار القاعدة.

## قوانين الترانزستور كمضخم :

**بصورة عامة في الترانزستور فان تيار الباعث $(I_E)$ يساوي مجموع تياري القاعدة $(I_B)$ والجامع $(I_C)$ . أي ان:**

$$I_E = I_B + I_C$$

❖ **فمثلا لو كان تيار القاعدة $I_B$ يساوي مثلا 1% من تيار الباعث $I_E$ فان تيار الجامع $I_C$ يكون 99% من تيار الباعث $I_E$**

**أي ان :**

$$I_B = 1\%\ I_E \quad \Rightarrow \quad I_C = 99\%\ I_E$$

**ربح التيار** $(\alpha)$ : هو نسبة تيار الخروج $(I_{out})$ الى تيار الدخول $(I_{in})$ . أي ان :

$$\alpha = \frac{I_{out}}{I_{in}}$$

حيث :

$I_{out} = I_C$ **وبغض النظر عن كون الباعث مؤرض ام القاعدة هي المؤرضة.**

$I_{in} = I_E$ **للترانزستور ذو القاعدة المشتركة (المؤرضة).**

$I_{in} = I_B$ **للترانزستور ذو الباعث المشترك (المؤرض).**

• **لذلك اذا كان الترازستور ذو قاعدة مشتركة (القاعدة مؤرضة) يعبر عن ربح التيار كما يلي :**

$$\alpha = \frac{I_C}{I_E}$$

- اما اذا كان الترانزستور ذو باعث مشترك (الباعث مؤرض) يعبر عن ربح التيار كما يلي :

$$\alpha = \frac{I_C}{I_B}$$

**ربح الفولطية** (AV) : هو نسبة فولطية الخروج ($V_{out}$) الى فولطية الدخول ($V_{in}$) . أي ان :

$$A_V = \frac{V_{out}}{V_{in}}$$

وحسب قانون اوم فان :

$$V_{out} = I_{out}.R_{out} \quad , \quad V_{in} = I_{in}R_{in}$$

كذلك يمكن ايجاد ربح الفولطية ($A_V$) من الاشتقاق الرياضي الاتي :

$$\because \; A_V = \frac{V_{out}}{V_{in}} \quad \Rightarrow \quad A_V = \frac{I_{out}R_{out}}{I_{in}R_{in}} = \frac{I_{out}}{I_{in}} \times \frac{R_{out}}{R_{in}}$$

لكن :

$$\alpha = \frac{I_{out}}{I_{in}}$$

$$\therefore \; A_V = \alpha.\frac{R_{out}}{R_{in}}$$

أي ان ربح الفولطية يساوي ربح التيار مضروبا في نسبة مقاومة الخروج ($R_{out}$) الى مقاومة الدخول ($R_{in}$) .

**ربح القدرة** (G) : هو نسبة قدرة الخروج ($P_{out}$) الى قدرة الدخول ($P_{in}$) . أي ان :

$$G = \frac{P_{out}}{p_{in}}$$

حيث :

$$p_{out} = I_{out} V_{out} \quad or \quad P_{out} = I_{out}^2 R_{out} \quad or \quad P_{out} = \frac{V_{out}^2}{R_{out}}$$

$$P_{in} = I_{in} V_{in} \quad or \quad P_{in} = I_{in}^2 R_{in} \quad or \quad P_{in} = \frac{V_{in}^2}{R_{in}}$$

كذلك يمكن ايجاد ربح القدرة (G) من الاشتقاق الرياضي الاتي :

$$G = \frac{P_{out}}{P_{in}} = \frac{I_{out} V_{out}}{I_{in} V_{in}} = \frac{I_{out}}{I_{in}} . \frac{V_{out}}{V_{in}}$$

لكن :

$$\alpha = \frac{I_{out}}{I_{in}} \quad , \quad A_V = \frac{V_{out}}{V_{in}}$$

$$\therefore \quad G = \alpha . A_V$$

**أي ان ربح القدرة يساوي ربح التيار مضروبا في ربح الفولطية .**

**ملاحظة/** كل من ربح التيار وربح الفولطية وربح القدرة هو عدد مجرد من الوحدات (بدون وحدات) .

س/ الاشارة الخارجة تكون بالطور نفسه مع الاشارة الداخلة في المضخم pnp ذي القاعدة المشتركة. علل.

ج/ لان تيار الجامع يتغير باتجاه تيار الباعث نفسه.

س/ الاشارة الخارجة تكون بطور معاكس للاشارة الداخلة فرق الطور ($180^o$) في المضخم pnp ذي الباعث المشترك . علل .

ج/ سبب ذلك هو ان تيار الجامع يتغير باتجاه معاكس لتغير تيار القاعدة.

س/ علامَ يعتمد ربح التيار في المضخم pnp ذو القاعدة المشتركة ؟

ج/ يعتمد على نسبة تيار الجامع ($I_C$) الى تيار الباعث ($I_E$) .

س/ علام يعتمد ربح التيار في المضخم pnp ذو الباعث المشترك ؟

ج/ يعتمد على نسبة تيار الجامع ($I_C$) الى تيار القاعدة ($I_B$) .

س/ علام يعتمد ربح الفولطية في المضخم pnp ؟

ج/ يعتمد على : 1- ربح التيار .    2- نسبة مقاومة الخروج الى مقاومة الدخول .

س/ علام يعتمد ربح القدرة في المضخم pnp ؟

ج/ يعتمد على : 1- ربح التيار .    2- ربح الفولطية .

سعيد محي تومان

**مثال 1 (كتاب)/** في دائرة الترانزستور كمضخم ذي القاعدة المشتركة (القاعدة المؤرضة) اذا كان ربح القدرة G =768 وتكبير الفولطية (ربح الفولطية) يساوي $A_V$ =784 وتيار الباعث ($I_E=3\times10^{-3}A$) جد تيار القاعدة ($I_B$).

الحل

$$G=\alpha\times A_V \Rightarrow \alpha=\frac{G}{A_V}=\frac{768}{784}=0.98$$

$$\alpha=\frac{I_C}{I_E} \Rightarrow I_C=\alpha\times I_E=0.98\times3\times10^{-3}=2.94\times10^{-3}A$$

$$I_E=I_B+I_C \Rightarrow I_B=I_E-I_C=3\times10^{-3}-2.94\times10^{-3}=0.06\times10^{-3}A$$

**الدوائر المتكاملة : هي جهاز صغير جدا يستعمل للسيطرة على الاشارات الكهربائية في كثير من الاجهزة الكهربائية كالحاسبات الالكترونية واجهزة التلفاز والهاتف الخلوي وبعض اجزاء السيارات والاقراص المدمجة والمركبات الفضائية .**

**س/ ما هي مكونات الدوائر المتكاملة؟**

**ج/ تتكون الدوائر المتكاملة من الالاف من العناصر المعقدة التي تصنع بعملية واحدة اذ تصنع عناصرها على شريحة صغيرة منفردة من رقاقة من السليكون Si وهذه العناصر تشمل الثنائيات البلورية والترانزستور والمقاومات والمكثفات لتكون منظومات الكترونية تؤدي وظيفة معينة.**

**س/ علامَ تعتمد عملية تصنيع الدوائر المتكاملة؟**

ج/ تعتمد على ما يسمى بعملية تقنية الانتشار في المستوي الواحد حيث يتم تنفيذ جميع الخطوات العملية اللازمة لتصنيعها على سطح واحد لشريحة السليكون.

**س/ ان مراحل تصنيع عناصر الدوائر المتكاملة تتم بشكل أساسي بانتاج ثلاث طبقات رئيسية اذكر هذه الطبقات؟**

**1- الطبقة الاساسية : وهي عملية انماء بلورة السليكون الاسطوانية الشكل ومن ثم تقطيعها إلى رقاقات دائرية تسمى بطبقة الاساس وهذه الطبقة هي عبارة عن شبه موصل نوع (P) وتمثل الجسم الذي يرتكز عليه جميع اجزاء الدائرة المتكاملة.**

**2- الطبقة الفوقية نوع (N) : تصنع الطبقة الفوقية (N) عن طريق وضع رقاقات السليكون في فرن حراري خاص وبتسليط غاز (هو مزيج من ذرات السليكون وذرات مانحة خماسية التكافؤ على الرقاقات) يكون هذا المزيج طبقة رقيقة شبه موصلة نوع (N) تسمى الطبقة الفوقية.**

**3- الطبقة العازلة : بعد ان تنمى الطبقة الفوقية (n) على طبقة الاساس (P) توضع الرقاقات في فرن حراري خاص يحتوي غاز الاوكسجين وبخار الماء في درجة حرارة معينة فتتكون طبقة من ثنائي اوكسيد السليكون ($SiO_2$) والتي تمثل الطبقة العازلة.**

س/ بماذا تتميز الدوائر المتكاملة عن الدوائر الكهربائية الاعتيادية (المنفصلة)؟

ج/ تتميز بكونها

1- صغيرة الحجم 2- تستهلك قدرة قليلة جدا 3- سريعة العمل 4- خفيفة الوزن 5- رخيصة الثمن

6- تؤدي الكثير من الوظائف التي تؤديها الدوائر الكهربائية العادية التي تتالف من اجزاء منفصلة وصلت.

## قوانين الفصل السادس

$$I_E=I_B+I_C$$

$$\alpha=\frac{I_{out}}{I_{in}} \Rightarrow \alpha=\frac{I_C}{I_B} \quad or \quad \alpha=\frac{I_C}{I_E}$$

حيث النسبة ( $\frac{I_C}{I_B}$ ) تستخدم اذا كان الباعث مؤرض (مشترك) والنسبة ( $\frac{I_C}{I_E}$ ) تستخدم اذا كانت القاعدة مؤرضة (مشتركة) .

$$A_V = \frac{V_{out}}{V_{in}} \quad or \quad A_V = \alpha \frac{R_{out}}{R_{in}} \quad , \quad G = \frac{P_{out}}{P_{in}} \quad or \quad G = \alpha \times A_V$$

$$V_{out} = I_{out} R_{out} \quad , \quad V_{in} = I_{in} R_{in}$$

$$P_{out} = I_{out} V_{out} \quad or \quad P_{out} = I_{out}^2 R_{out} \quad or \quad p_{out} = \frac{V_{out}^2}{R_{out}}$$

$$P_{in} = I_{in} V_{in} \quad or \quad P_{in} = I_{in}^2 R \quad or \quad P_{in} = \frac{V_{in}^2}{R_{in}}$$

## أسئلة ومسائل الفصل السادس

**س1/ اختر العبارة الصحيحة لكل من العبارات الاتية :**

1- اذا كان الثنائي البلوري pn محيزا باتجاه امامي فعند زيادة مقدار فولطية الانحياز الامامي فان مقدار التيار الامامي

***a- يزداد*** b- يقل c- يبقى ثابتا d- يزداد ثم ينقص.

2- عند زيادة حاجز الجهد في الثنائي البلوري pn المحيز انحيازا اماميا ، فان مقدار التيار الامامي في دائرته :

a- يزداد ***b- يقل*** c- يبقى ثابت d- يزداد ثم ينقص.

3- الالكترونات الحرة في شبه الموصل النقي وبدرجة حرارة الغرفة تشغل :

a- حزمة التكافؤ b- ثغرة الطاقة المحظورة ***c- حزمة التوصيل*** d- المستوي القابل .

4- تتولد الازواج الكترون – فجوة في شبه الموصل النقي بوساطة :

a- اعادة الالتحام b- التاين c- التطعيم ***d- التاثير الحراري.***

5- تتولد منطقة الاستنزاف في الثنائي pn بوساطة :

a- اعادة الالتحام b- التناضح c- التاين ***d- جميع الاحتمالات السابقة (a ،b ،c).***

6- الثنائي pn الباعث للضوء (LED) يبعث الضوء عندما :

***a- يحيز باتجاه امامي.*** b- يحيز باتجاه عكسي.

c- يكون حاجز الجهد عبر الملتقى كبيرا. d- يكون بدرجة حرارة الغرفة.

7- تيار الباعث $I_E$ في دائرة الترانزستور يكون دائما :

a- اكبر من تيار القاعدة. b- اقل من تيار القاعدة.

c- اكبر من تيار الجامع. ***d- الأجوبة (a,c).***

8- يسلك السليكون سلوك العازل عندما يكون :

a- نقيا b- في الظلمة c- بدرجة الصفر المطلق ***d- الاجوبة الثلاث (a ،b ،c) مجتمعة.***

9- يزداد المعدل الزمني لتوليد الازواج الكترون – فجوة في شبه الموصل :

a- بادخال شوائب خماسية التكافؤ b- بادخال شوائب ثلاثية التكافؤ.

***c- بارتفاع درجة الحرارة.*** d- ولا واحد مما سبق.

10- ربح التيار (α) في المضخم pnp ذي الباعث المشترك هو نسبة :

a- $\frac{I_E}{I_C}$ b- $\frac{I_B}{I_C}$ ***c- $\frac{I_C}{I_B}$*** d- $\frac{I_C}{I_E}$

11- فرق الطور بين الاشارة الخارجة والاشارة الداخلة في المضخم pnp ذي القاعدة المشتركة يساوي :
a- صفرا    b- $90^o$    c- $180^o$    d- $270^o$

12- مستوي فيرمي هو:
a- معدل قيمة كل مستويات الطاقة .    b- مستوي الطاقة في قمة حزمة التكافؤ.
c- اعلى مستوي طاقة مشغول عند درجة $0^oC$    d- اعلى مستوي طاقة مشغول عند 0K.

**س2/ ضع كلمة صح او خطأ امام كل عبارة من العبارات التالية مع تصحيح الخطأ دون ان تغير ما تحته خط :**

1- بلورة السليكون نوع n تكون سالبة الشحنة. **خطأ (متعادلة الشحنة)**
2- منطقة الاستنزاف في الثنائي pn تحتوي ايونات موجبة في المنطقة p وايونات سالبة في المنطقة n .
**خطأ . (ايونات سالبة في المنطقة P وايونات موجبة في المنطقة n).**
3- تزداد قابلية التوصيل الكهربائي في شبه الموصل النقي بارتفاع درجة حرارته . **صح.**
4- الثنائي الباعث للضوء يحيز باتجاه امامي. **صح**
5- مقدار ثغرة الطاقة المحظورة في الجرمانيوم (1.1eV). **خطأ (0.72eV)**
6- يزداد مقدار حاجز الجهد في الثنائي البلوري عندما يكون محيزا بالاتجاه الامامي. **خطأ (يقل)**
7- يحيز الباعث في الترانزستور دائما باتجاه امامي. **صح**
8- في الموصلات وعند درجة 0K تكون مستويات الطاقة التي تقع تحت مستوي فيرمي تكون مشغولة بالالكترونات. **صح**
9- ربح القدرة في المضخم pnp ذي القاعدة المشتركة يكون كبيرا جدا. **خطأ (متوسطا)**
10- منطقة القاعدة في الترانزستور تكون دائما رقيقة ونسبة الشوائب قليلة. **صح**
11- في الترانزستور npn ذو القاعدة المشتركة يكون تيار الباعث اكبر من تيار الجامع. **صح**
12- في الترانزستور npn ذو الباعث المشترك تكون الاشارتين الخارجة والداخلة بالطور نفسه.
**خطأ . (بطورين متعاكسين)**
13- بلورة الجرمانيوم نوع p تكون الفجوات هي حاملات الشحنة الاغلبية . **صح**

**س3/ ما الفرق بين كل مما ياتي :**

**1- الايون الموجب والفجوة الموجبة في اشباه الموصلات.**

| الايون الموجب | الفجوة الموجبة |
|---|---|
| 1- يتكون من ذرة شائبة مانحة خماسية التكافؤ مثل الانتيمون فقدت الكترونها الخامس. | 1- هي موقع خالي من الالكترون نشأ من انتزا الكترون واحد من ذرة السليكون او الجرمانيوم نتيجة تاثير حراري او اكتساب طاقة. او تنشأ من انتزاع الكترون واحد من ذرة السليكون او الجرمانيوم نتيجة تطعيم المادة شبه الموصلة بشائب قابل. |
| 2- يرتبط مع اربع ذرات سليكون مجاورة له لذا فان الذرة الشائبة تصير ايونا موجبا. | 2- تكون حرة الحركة. |
| 3- لا يعد من حاملات الشحنة لانه لا يشارك في عملية التوصيل الكهربائي لشبه الموصل المطعم لانه يرتبط مع الهيكل البلوري ارتباطا وثيقا. | 3- لها دور في التوصيل الكهربائي وهي الحاملات الرئيسة في المادة شبه الموصلة نوع p وثانوية في المادة شبه الموصلة نوع N. |

**2- الثنائي الباعث للضوء والثنائي المتحسس للضوء.**

| الثنائي الباعث للضوء | الثنائي المتحسس للضوء |
|---|---|
| 1- يحول الطاقة الكهربائية إلى طاقة ضوئية. | يحول الطاقة الضوئية إلى طاقة كهربائية. |
| 2- يبعث الضوء عندما يحيز بالاتجاه الامامي . | 2- يعمل عندما يحيز بالاتجاه العكسي فيزداد توصيله للتيار كلما ازدادت شدة الضوء الساقط عليه. |
| 3- يستعمل في العدادات والساعات الرقمية والحاسبات. | 3- يستعمل كمقياس لشدة الضوء كما في الة التصوير وكما في كاشفات الضوء. |

**3- شبه موصل نوع n وشبه موصل نوع p من حيث :**
**a) نوع الشائبة المطعمة فيه b- حاملات الشحنة الاغلبية وحاملات الشحنة الأقلية**
**c- المستوي الذي تولده كل شائبة وموقعه).**

| | شبه الموصل نوع n | شبه الموصل نوع p |
|---|---|---|
| a- نوع الشائبة المطعمة فيه | شوائب ذراتها خماسية التكافؤ (انتيمون Sb مثلا) | شوائب ذراتها ثلاثية التكافؤ (البورون B مثلا) |
| b- حاملات الشحنة الاغلبية (الرئيسة) | الالكترونات في حزمة التوصيل نتيجة التطعيم والتاثير الحراري. | الفجوات الموجبة في حزمة التكافؤ نتيجة التطعيم والتاثير الحراري. |
| c- المستوي الذي تولده كل شائبة وموقعه | المستوي المانح يقع ضمن ثغرة الطاقة المحظورة وتحت حزمة التوصيل مباشرة والمستوي المانح تشغله الالكترونات التي حررتها الذرات المانحة ونتيجة لذلك يرتفع مستوي فيرمي ويقترب من حزمة التوصيل. | المستوي القابل يقع ضمن ثغرة الطاقة المحظورة وفوق حزمة التكافؤ مباشرة ونتيجة لذلك ينخفض مستوي فيرمي ويقترب من حزمة التكافؤز |

**4- الباعث والجامع في الترانزستور من حيث :**
**a) جمع حاملات التيار او ارسالها b- طريقة الانحياز c- ممانعة الملتقى d- نسبة الشوائب).**

| | الباعث في الترانزستور | الجامع في الترانزستور |
|---|---|---|
| a- جمع حاملات التيار او ارسالها | يرسل (يجهز) حاملات الشحنة (التيار) إلى الجامع خلال القاعدة. | يجمع (يجذف) تلك الحاملات خلال القاعدة. |
| b- طريقة الانحياز | يحيز دائما انحيازا اماميا ملتقى (الباعث – قاعدة). | يحيز دائما انحيازا عكسيا ملتقى (الجامع – قاعدة). |
| c- ممانعة الملتقى | (الباعث – قاعدة) ممانعة الدخول صغيرة بسبب الربط الامامي. | (الجامع – قاعدة) ممانعة الدخول كبيرة بسبب الربط العكسي. |
| d- نسبة الشوائب | منطقة الباعث تطعم دائما بنسبة عالية من الشوائب. | منطقة الجامع تكون نسبة الشوائب فيها متوسطة. |

**س4/ علل ما ياتي :**
**a- سبب تولد منطقة الاستنزاف في الثنائي البلوري pn .**
**ج/ ان الالكترونات الحرة في المنطقة n القريبة من الملتقى pn تنتشر (تنضح) إلى المنطقة p عبر الملتقى (وعندئذ تلتحم الالكترونات مع الفجوات القريبة من الملتقى) ونتيجة لهذه العملية تنشأ منطقة رقيقة على جانبي الملتقى تحتوي ايونات موجبة في المنطقة n وايونات سالبة في المنطقة p وتكون خالية من حاملات الشحنة تسمى منطقة الاستنزاف (يتوقف انتشار الالكترونات عبر الملتقى pn عندما تحصل حالة التوازن).**

**b- ممانعة ملتقى (الجامع – قاعدة) في الترانزستور تكون عالية بينما ممانعة ملتقى (الباعث – قاعدة) واطئة؟**
ج/ بسبب الانحياز الامامي لملتقى (الباعث – القاعدة) تضيق منطقة الاستنزاف ويقل حاجز الجهد عبر الباعث فتكون ممانعة ملتقى الباعث واطئة.
وبسبب الانحياز العكسي لملتقى الجامع – قاعدة تتسع منطقة الاستنزاف ويزداد حاجز الجهد عبر الجامع فتكون ممانعة ملتقى الجامع عالية.
**c- عند درجة حرارة الصفر المطلق وفي الظلمة تكون حزمة التوصيل في شبه الموصل النقي خالية من الالكترونات؟**
ج/ عند درجة حرارة صفر كلفن (T=0K) تفقد الحرارة فقدانا كاملا فلا يتوفر لشبه الموصل النقي في الظلمة أي تاثير حراري او ضوئي لذا تكون حزمة التكافؤ مملوءة كليا بالالكترونات وحزمة التوصيل خالية من الالكترونات الحرة (يسلك شبه الموصل النقي سلوك العازل).
**d- انسياب تيار كبير في دائرة الثنائي البلوري pn عندما تزداد فولطية الانحياز بالاتجاه الامامي؟**
ج/ عندما يحيز الثنائي البلوري باتجاه امامي تضيق منطقة الاستنزاف ويقل مقدار حاجز الجهد للملتقى وتقل ممانعة الملتقى فينساب تيار كبير في دائرة الثنائي البلوري.
**e- يحيز الثنائي البلوري pn المتحسس للضوء باتجاه عكسي قبل سقوط الضوء عليه؟**
ج/ لكي يكون التيار المنساب فيه ضعيفا جدا فيهمل (وهو تيار الالكترونات والفجوات المتولد بالتاثير الحراري) وهذا يعني ان التيار في دائرة هذا الثنائي يساوي صفرا في حالة عدم توافر تاثير ضوئي في الثنائي.
**f- الايون الموجب المتولد عند اضافة شائبة من نوع المانح إلى بلورة شبه موصل نقية لا يعد من حاملات الشحنة؟**
ج/ لان هذا الايون الموجب يرتبط مع اربع ذرات مجاورة ويرتبط مع الهيكل البلوري ارتباطا وثيقا فلا يتحرك ولا يعد من حاملات الشحنة ولا يشارك في عملية التوصيل الكهربائي لشبه الموصل المطعم.
**س5/ ما المقصود بكل مما ياتي :**
**a- مستوى فيرمي . b- المستوى المانح وكيف يتولد c- منطقة الاستنزاف في الثنائي pn . وكيف تتولد؟**
**d- الفجوة في شبه الموصل . وكيف تتولد؟ e- الزوج الكترون – فجوة وكيف يتولد.**
**a- مستوى فيرمي :** مستوى افتراضي يقع في الحيز بين حزمة التكافؤ وحزمة التوصيل يحدد امكانية اشغال الالكترونات او عدم اشغالها لبقية مستويات الطاقة. ويعد مستوى فيرمي اعلى مستوى طاقة مسموح به يمكن ان يملا بالالكترونات عند درجة صفر كلفن.
**b- المستوى المانح :** مستوى طاقة يقع ضمن ثغرة الطاقة المحظورة وتحت حزمة التوصيل مباشرة ويفصل بينهما مستوى فيرمي . يتولد المستوى المانح بوساطة الذرات المانحة اذ تشغله الالكترونات التي حررتها الذرات المانحة.
**c- منطقة الاستنزاف في الثنائي البلوري :** منطقة رقيقة على جانبي الملتقى تحتوي ايونات موجبة في المنطقة n وايونات سالبة في المنطقة p وتكون خالية من حاملات الشحنة.
**وتتولد :** بسبب الالكترونات الحرة في المنطقة n القريبة من الملتقى pn تنتشر في المنطقة p عبر الملتقى وعندئذ تلتحم الالكترونات مع الفجوات القريبة من الملتقى.
**d- الفجوة في شبه الموصل :** موقع خال من الالكترونات تسلك سلوك شحنة موجبة لها مقدار شحنة الالكترون.
**وتتولد :** من انتزاع الكترون واحد من ذرة السليكون او الجرمانيوم نتيجة تاثير حراري او تاثير ضوئي ، او تتولد من انتزاع الكترون واحد من ذرة السليكون او الجرمانيوم نتيجة تطعيم المادة شبه الموصلة بشائب قابل.
**e- الزوج الكترون – فجوة :** الكترون وحيز فارغ في حزمة التكافؤ في الموقع الذي انتقل منه الالكترون يسمى هذا الموقع بالفجوة وتكون موجبة اذ يمثل حوامل الشحنة في شبه الموصل.
**يتولد :** من انتزاع الكترون واحد من ذرة السليكون او الجرمانيوم نتيجة تاثير حراري او ضوئي ، او تتولد من انتزاع الكترون واحد من السليكون او الجرمانيوم نتيجة تطعيم المادة شبه الموصلة بشائب قابل.

**س6/ علام يعتمد ؟ مقدار كل مما ياتي :**

**a- جهد الحاجز الكهربائي في الثنائي البلوري pn .**

**1- نوع مادة شبه الموصل المستعملة . 2- نسبة الشوائب المطعمة بها (ويزداد بزيادة نسبة الشوائب**

**3- درجة حرارة المادة (يزداد بزيادة درجة الحرارة).**

**b- معدل توليد الازواج الكترون – فجوة في شبه الموصل النقي؟**

**1- درجة حرارة مادة شبه الموصل النقي. 2- نوع مادة شبه الموصل.**

**c- عدد الالكترونات الحرة المنتقلة من حزمة التكافؤ إلى حزمة التوصيل في بلورة شبه الموصل نوع n بثبوت درجة الحرارة؟**

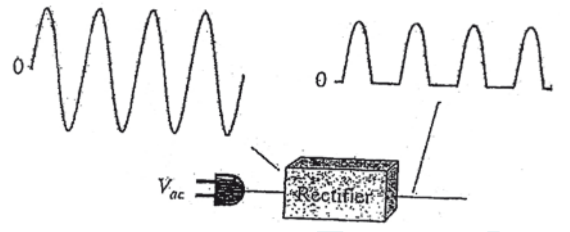
**ج/ نسبة الذرات المانحة المطعمة بها البلورة.**

**d- التيار المناسب في دائرة الثنائي البلوري pn المتحسس للضوء؟**

**ج/ شدة الضوء الساقط على الملتقى pn ويتناسب معه طرديا.**

**س7/ ماذا يحصل للتيار المتناوب لو وضع في طريقه ثنائي بلوري pn؟**

**ج/ يعمل على تحويل التيار المتناوب إلى تيار معدل بنصف موجة ، لاحظ الشكل**




**س8/ بعد تطعيم بلورة شبه الموصل (مثل السليكون) بشوائب ثلاثية التكافؤ (مثل البورون) ما نوع البلورة التي نحصل عليها . اتكون شحنتها موجبة ؟ ام سالبة؟ ام متعادلة كهربائيا؟**

**ج/ نحصل على بلورة شبه موصلة نوع p الحاملات الاغلبية للشحنة هي الفجوات الموجبة وان شحنة البلورة ستكون متعادلة كهربائيا وذلك لانها تمتلك عددا من الشحنات الموجبة (الفجوات في حزمة التكافؤ) مساويا إلى عدد الشحنات السالبة (الالكترونات الحرة في حزمة التوصيل والايونات السالبة للشوائب ثلاثية التكافؤ).**

**س9/** في دائرة الترانزستور ذو الباعث المشترك اذا كان تيار الباعث يساوي $I_E=(0.4)mA$ وتيار القاعدة $I_B=(40)\mu A$ ومقاومة الدخول $R_{in}=100\Omega$ ومقاومة الخروج $R_{out}=50k\Omega$. احسب:

1- ربح التيار $(\alpha)$ 2- ربح الفولطية $(A_V)$ 3- ربح القدرة $(G)$.

الحل

$$I_E = 0.4mA = 0.4\times10^{-3} = 4\times10^{-4}A \quad , \quad I_B = 40\mu A = 40\times10^{-6} = 4\times10^{-5}A$$

$$R_{out} = 50k\Omega = 50\times1000 = 5\times10^4\Omega$$

$$I_E = I_B + I_C \Rightarrow I_C = I_E - I_B = 4\times10^{-4} - 4\times10^{-5} = 4\times10^{-4} - 0.4\times10^{-4} = 3.6\times10^{-4}A$$

$$1- \quad \alpha = \frac{I_C}{I_B} = \frac{3.6\times10^{-4}}{4\times10^{-5}} = 9$$

$$2- \quad V_{out} = I_C R_{out} = 3.6\times10^{-4}\times5\times10^4 = 18V \quad , \quad V_{in} = I_B R_{in} = 4\times10^{-5}\times100 = 4\times10^{-3}V$$

$$A_V = \frac{V_{out}}{V_{in}} = \frac{18}{4\times10^{-3}} = 4500$$

$$3- \quad G = \alpha\times A_V = 9\times4500 = 40500$$

# الواجبات

مثال1/ في دائرة الترانزستور ذي الباعث المشترك اذا كان تيار الباعث (480μA) وتيار الجامع (450μA) ومقاومة الخروج (80kΩ) ومقاومة الدخول (20Ω) احسب :
1- ربح التيار 2- ربح الفولطية 3- ربح القدرة . ج/ (15 , 60000 , 900000)

مثال2/ في دائرة الترانزستور ذي الباعث المشترك اذا كان ربح الفولطية (1500) وفولطية الخروج (294V) ومقاومة الدخول (40Ω) وتيار الباعث (784mA) احسب ربح القدرة . ج/ (238500)

مثال3/ في دائرة الترانزستور كمضخم ذي القاعدة المشتركة اذا كان تيار الباعث (80mA) وتيار القاعدة (40μA) احسب :
1- تيار الجامع . 2- ربح التيار . ج/ (79.96mA , 0.9995)

مثال4/ في دائرة الترانزستور كمضخم ذي القاعدة المشتركة اذا كان تيار القاعدة (3mA) وتيار الجامع (12mA) ومقاومة الدخول (30Ω) ومقاومة الخروج (60kΩ) فاحسب :
1- ربح التيار 2- ربح الفولطية 3- ربح القدرة . ج/ (0.8 , 1600 , 1280)

مثال5/ في دائرة الترانزستور كمضخم ذو القاعدة المشتركة اذا كان ربح التيار فيه (0.98) ومقاومة الدخول (50Ω) ومقاومة الخروج (400kΩ) احسب ربح الفولطية وربح القدرة. ج/ (78400 , 76832)

مثال6/ في دائرة الترانزستور ذي الباعث المشترك احسب ربح التيار (α) وتيار الباعث $I_E$ اذا كان تيار القاعدة يساوي $I_B$=(50)μA وتيار الجامع يساوي $I_C$=(3.65)mA. ج/ ($73 , 37\times10^{-4}$A)

مثال7/ في دائرة الترانزستور كمضخم ذي القاعدة المشتركة (القاعدة مؤرضة) اذا كان تيار الباعث ($I_E$ =3mA) وتيار الجامع ($I_C$ =2.94mA) ومقاومة الدخول ($R_{in}$=500Ω) ومقاومة الخروج ($R_{out}$=400kΩ) احسب:
1- ربح التيار (α). 2- ربح الفولطية ($A_V$). ج/ (0.98 , 784)

مثال8/ في دائرة الترانزستور كمضخم ذي القاعدة المشتركة (القاعدة المؤرضة) اذا كان تيار الباعث (3mA) وتيار الجامع (2.94mA) ومقاومة الدخول (500Ω) ومقاومة الخروج (400kΩ) احسب :
1- ربح التيار . 2- ربح الفولطية . ج/ (0.98 , 784)

مثال9(وزاري)/ في دائرة الترانزستور كمضخم ذي القاعدة المشتركة (القاعدة المؤرضة) اذا كان تيار الجامع ($I_C=1.96\times10^{-3}$A) وتيار القاعدة ($I_B=0.04\times10^{-3}$A) وربح القدرة (G=490) ، جد :
1- ربح التيار 2- ربح الفولطية . ج/ (0.98 , 500)

مثال10(وزاري)/ في دائرة الترانزستور ذي الباعث المشترك اذا كان تيار الباعث يساوي ($I_E$=0.4mA) وتيار القاعدة ($I_B$=40μA) ومقاومة الدخول ($R_{in}$=100Ω) ومقاومة الخروج ($R_{out}$=50kΩ) احسب مقدار :
1- ربح التيار (α) 2- ربح الفولطية ($A_V$) 3- ربح القدرة (G) ج/ (9 , 4500 , 40500)

مثال 11 (وزاري)/ في دائرة الترانزستور ذي الباعث المشترك ، اذا علمت ان مقدار ربح التيار (9) وربح الفولطية (4500) وتيار الجامع (0.27mA) ، احسب مقدار :
1- تيار القاعدة 2- تيار الباعث 3- ربح القدرة. ج/ (0.03mA , 0.3mA , 40500)

مثال 12 (وزاري)/ في دائرة الترانزستور كمضخم ذي القاعدة المشتركة (القاعدة المؤرضة) اذا كان تيار الجامع (5.88mA) ، وربح التيار (0.98) ومقاومة الدخول (1000Ω) ومقاومة الخروج (800kΩ) احسب مقدار :
1- تيار الباعث . 2- ربح الفولطية . ج/ ($6\times10^{-3}$A , 784)

**س/ ما هو نموذج ثومسون للذرة؟**

**ج/ وضع ثومسون نموذجا يصف فيه الذرة على انها كرة مصمتة متناهية في الصغر موجبة الشحنة يتوزع بداخلها عدد من الالكترونات السالبة بحيث تكون الذرة متعادلة كهربائيا.**

**س/ ما هو نموذج رذرفورد للذرة ولماذا فشل هذا النموذج؟**

**ج/ افترض رذرفورد بان الذرة تتكون من نواة موجبة متمركزة في وسط الذرة تدور حولها الالكترونات.**

**فشل نموذج رذرفورد للذرة للاسباب الاتية:**

1- عندما يدور الالكترون في الذرة حول النواة يغير اتجاه حركته باستمرار لذا فهو جسيم معجل وتبعا للنظرية الكهرومغناطيسية الكلاسيكية فان أي شحنة متحركة بتعجيل تبعث اشعاعا كهرومغناطيسيا ولذلك يجب ان يفقد الالكترون الدائر حول النواة داخل الذرة جزءا من طاقته في اثناء الدوران أي انه يخسر طاقة بصورة مستمرة مادامت الحركة مستمرة ومن ثم يجب ان ينتهي بحركة حلزونية مقتربا من النواة في زمن قصير ومن ثم تنهار البنية الذرية.

2- عندما تتناقص طاقة الالكترونات تدريجيا يتولد طيف مستمر بينما اثبتت التجارب ان طيف ذرة الهيدروجين هو طيف خطي.

**س/ ما هي فرضيات نموذج بور للذرة؟**

ج/

1- تدور الالكترونات سالبة الشحنة حول النواة بمدارات محددة المواقع تمثل مستويات الطاقة دون ان تشع طاقة ويمتلك الالكترون اقل طاقة عندما يكون في اقرب مستوي من النواة وعندها تكون الذرة مستقرة وان بقاء الالكترون في ذلك المستوي يستوجب امتلاكه طاقة وزخم مناسبين لذلك المستوي.



2- الذرة متعادلة كهربائيا اذ ان شحنة الالكترونات تساوي شحنة النواة الموجبة.

3- ان الذرة لا تشع طاقة بسبب حركة الالكترون في مداره المحدد وتكون الذرة مستقرة.

4- عندما يكتسب الالكترون كما من الطاقة فانه يقفز من مستوي استقراره اذ تكون طاقته فيه $(E_1)$ الى مستوي طاقة اعلى $(E_2)$ عندها تكون الذرة متهيجة ثم تعود الذرة الى حالة استقرارها وذلك بعودة الالكترون الى مستوي استقراره باعثا فوتونا طاقته $(hf)$ تساوي فرق الطاقة بين المستويين .

5- في مجال الذرة يمكن تطبيق قانون كولوم على الشحنات الكهربائية والقانون الثاني لنيوتن على القوى الميكانيكية.

6- يمتلك الالكترون زخما زاويا $(L=mvr)$ في مداره المحدد يساوي اعدادا صحيحة من $\left(\frac{h}{2\pi}\right)$ .

❖ **بصورة عامة يعبر عن فرق الطاقة بين أي مستويين من مستويات الطاقة بالعلاقة الرياضية الاتية :**

$$\Delta E = E_2 - E_1$$

**بوحدة جول او بوحدة الكترون فولط**

حيث :

$\Delta E$ : يمثل فرق الطاقة بين أي مستويين من مستويات الطاقة بوحدة جول $(J)$ او $(eV)$ .

$E_2$ : طاقة المستوي الاعلى (مستوي التهيج) بوحدة $(J)$ او $(eV)$ .

$E_1$ : طاقة المستوي الاوطا (المستوي الارضي او مستوي الاستقرار) بوحدة جول $(J)$ او $(eV)$ .

وحسب نموذج بور للذرة فانه :

❖ ينتقل الكترون الذرة من مستوي واطئ للطاقة (يسمى بالمستوي الارضي او مستوي الاستقرار) الى مستوي اعلى للطاقة (يسمى مستوي التهيج) وذلك بامتصاصه فوتونا طاقته $(hf)$ مقدارها يساوي فرق الطاقة بين المستويين $(\Delta E)$ وعند ذلك تصبح الذرة متهيجة .

❖ سرعان ما يعود الكترون الذرة من المستوي الاعلى للطاقة (مستوي التهيج) الى مستواه الاصلي (مستوي الاستقرار) فيبعث فوتونا طاقته (hf) مقدارها يساوي فرق الطاقة بين المستويين ($\Delta E$) وتعود الذرة الى وضع الاستقرار في هذه الحالة .

❖ في كلا الانتقالين فان كمية الطاقة (hf) التي تمتصها الذرة (عند انتقال الالكترون من مستواه الاصلي الى مستوي الطاقة الاعلى ) او التي تشعها الذرة (عند انتقال الالكترون من مستوي الطاقة الاعلى الى مستواه الاصلي) تساوي فرق الطاقة بين المستويين ويعبر عن ذلك رياضيا بالعلاقة الاتية :

$$\Delta E = hf \quad or \quad \Delta E = \frac{hc}{\lambda}$$

بوحدة جول (J)

**تذكر : حسب المعادلة العامة للموجات الكهرومغناطيسية فان :**

$$f = \frac{c}{\lambda}$$

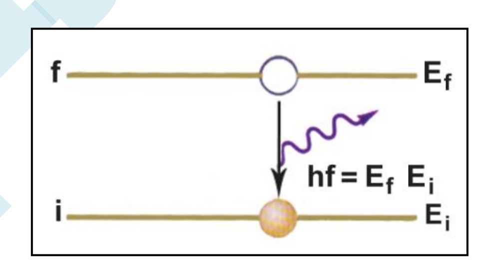
حيث :

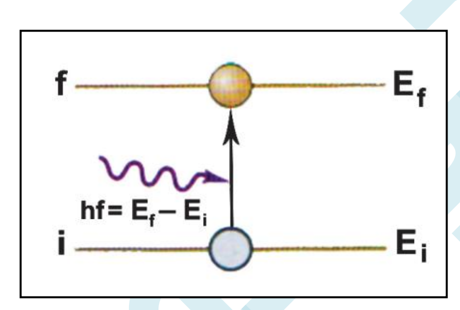
$\Delta E$ : فرق الطاقة بين المستويين بوحدة جول (J) .

h : ثابت بلانك حيث ($h=6.63\times10^{-34}$J.sec) .   ، c : سرعة الضوء ($c=3\times10^{8}$m/sec)

f : تردد الفوتون المنبعث او الممتص من قبل الذرة نتيجة الانتقال بوحدة هرتز (Hz) حيث (Hz=1/sec) .

$\lambda$ : طول موجة الفوتون بوحدة متر (m) .




❖ كذلك فان الالكترون في مداره المحدد يمتلك زخما زاويا (L=mvr) يساوي اعدادا صحيحة من ($\frac{h}{2\pi}$) .

**أي ان الزخم الزاوي للالكترون في مداره المحدد يعبر عنه بالعلاقة الرياضية الآتية:**

$$L_n = n(\frac{h}{2\pi})$$

$L_n$ : الزخم الزاوي المداري بوحدة (J.sec) .

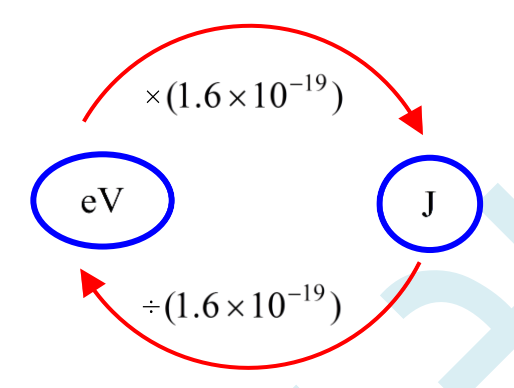
n : عدد الكم الرئيسي (رقم المدار) حيث (n=1,2,3,4,5…….) .

حيث : (n=1,2,3,4,5…….) ويمثل العدد الكمي الرئيس (رقم المدار).

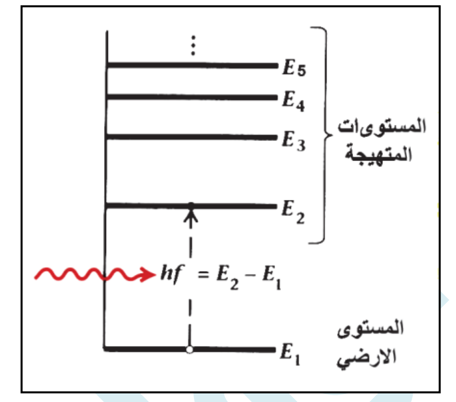
($\frac{h}{2\pi} = 1.05\times10^{-34}$J.sec) .

## ملاحظات عامة:

1- يسمى المستوي الذي يملك اقل طاقة بالمستوي الارضي $(E_1)$.
2- أي مستوي اخر فوق مستوي الطاقة المستقر (الارضي) يسمى مستوي التهيج $(E_2)$.
3- كلما ابتعدت المستويات عن المستوي الارضي كانت طاقتها اكبر.
4- الذرة المتهيجة تميل دائما الى حالة الاستقرار فتعود بعد مدة زمنية قصيرة الى المستوي الارضي.
5- الذرة لا تشع طاقة طالما بقي الالكترون في مداره المحدد ولكنها تشع كمية محددة من الطاقة عندما ينتقل الالكترون من مستوي الطاقة الاعلى الى مستوي الطاقة الاوطا بينما تمتص كمية محددة من الطاقة عند انتقال الالكترون من مستوي طاقة واطئ الى مستوي طاقة اعلى .
6 - استفد $(1eV=1.6\times10^{-19}J)$ لذلك للتحويل :




## طيف ذرة الهيدروجين:




- ❖ درس بور طيف ذرة الهيدروجين الاعتيادي لانها ابسط ذرة حيث تحتوي على الكترونا واحدا فقط وخرج بكثير من المشاهدات والاستنتاجات شكلت اساس نظريته عن ذرة الهيدروجين.
- ❖ عند اثارة ذرة الهيدروجين ينتقل الكترونها من المستوي الواطئ الطاقة الى مستوي اعلى طاقة ولا يبقى في مستوي الطاقة الاعلى الا لمدة زمنية قليلة نحو $(10^{-8}s)$ ثم يهبط الالكترون الى مستوي واطئ الطاقة .
- ❖ ان اوطئ مستوي طاقة للذرة $E_1$ يسمى بالمستوي الارضي للذرة في حين تسمى المستويات العليا $E_2,E_3,E_4....$ بالمستويات المتهيجة.
- ❖ ان جميع طاقات هذه المستويات سالبة لذلك لا يمتلك الالكترون طاقة كافية تجعله يهرب من الذرة.

**س/ عدد سلاسل طيف ذرة الهيدروجين . وكيف يمكن الحصول على كل سلسلة ؟**

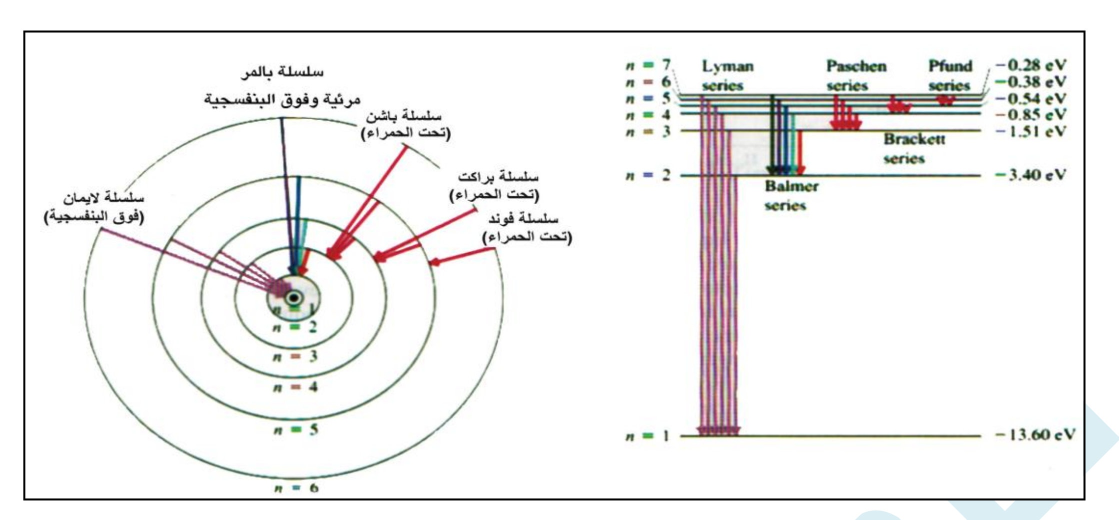
1- **سلسلة لايمان:** تنتج عند انتقال الكترون ذرة الهيدروجين من المستويات العليا للطاقة الى المستوي الاول للطاقة $(n=1)(E_1)$ ومدى تردداتها تقع في المنطقة فوق البنفسجية وهي سلسلة غير مرئية.

2- **سلسلة بالمر:** وتنتج عند انتقال الكترون ذرة الهيدروجين من المستويات العليا للطاقة الى مستوى الطاقة الثاني $(n=2)(E_2)$ ومدى تردداتها تقع في المنطقة المرئية وتمتد حتى المنطقة فوق البنفسجية.

3- **سلسلة باشن:** وتنتج عند انتقال الكترون ذرة الهيدروجين من المستويات العليا للطاقة الى مستوي الطاقة الثالث $(n=3)(E_3)$ ومدى تردداتها تقع في المنطقة تحت الحمراء وهي سلسلة غير مرئية.

4- **سلسلة براكت:** وتنتج من انتقال الكترون ذرة الهيدروجين من المستويات العليا للطاقة الى مستوي الطاقة الرابع $(n=4)(E_4)$ ومدى تردداتها تقع في المنطقة تحت الحمراء وهي سلسلة غير مرئية.

5- **سلسلة فوند:** وتنتج عند انتقال الكترون ذرة الهيدروجين من مستويات الطاقة العليا الى مستوي الطاقة الخامس $(n=5)(E_5)$ ومدى تردداتها تقع في المنطقة تحت الحمراء وهي سلسلة غير مرئية.




## الأطياف:

- عندما يسقط ضوء الشمس وهو ضوء ابيض على موشور زجاجي فانه يتحلل الى مركباته السبعة والتي تسمى بالوان الطيف الشمسي وهذا ما لاحظه العالم نيوتن في اواخر القرن السابع عشر.
- الوان الطيف الشمسي هي (الاحمر – البرتقالي – الاصفر – الاخضر – الازرق – النيلي – البنفسجي).
- تعد دراسة وتفسير الطيف الذري لطبيعة المادة وبنية ذراتها وجزيئاتها من اهم الدراسات التي ادت الى معرفة تركيبها الذري والجزيئي ويتم ذلك عن طريق تحليل الضوء الصادر عن تلك المواد ودراسة طيفها باستعمال جهاز المطياف.

س/ ما المقصود بالطيف ؟

ج/ هو سلسلة الترددات الضوئية الناتجة من تحليل حزمة الضوء الابيض بوساطة الموشور.

س/ اذكر اهم المصادر الضوئية المستعملة في دراسة الاطياف؟

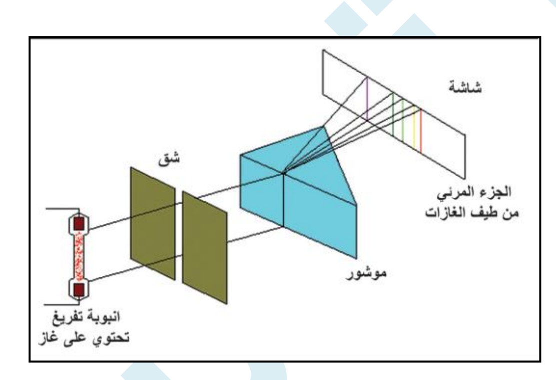
1- مصادر حرارية وهي المصادر التي تشع ضوءا نتيجة ارتفاع درجة حرارتها مثل الشمس ومصابيح التنكستن والاقواس الكهربائية.

2- مصادر تعتمد التفريغ الكهربائي خلال الغازات مثل انابيب التفريغ الكهربائي عند ضغط منخفض.

س/ وضح بنشاط انواع الاطياف؟

### ادوات النشاط:

موشور زجاجي ، عدسة مكثفة (لامة) وحاجز ذو شق للحصول على حزمة متوازية تسقط على الموشور ، شاشة بيضاء ، انابيب تفريغ تحتوي غاز مثل (النيون ، الهيدروجين ، بخار الزئبق) ، مصباح كهربائي خويطي ، مصدر للتيار الكهربائي.




### خطوات النشاط:

- ♦ نربط الانبوب الذي يحتوي الهيدروجين بالدائرة الكهربائية المناسبة لكي يتوهج غاز الهيدروجين . لاحظ الشكل (10)
- ♦ ضع الموشور الزجاجي في مسار الحزمة المنبعثة من انبوب غاز الهيدروجين. ثم نغير موقع وزاوية سقوط الحزمة المنبعثة حتى نحصل على اوضح طيف ممكن على الشاشة.
- ♦ لاحظ شكل ولون الطيف الظاهر على الشاشة .
- ♦ كرر الخطوات السابقة باستعمال انابيب الغازات الاخرى والمصباح الكهربائي الخويطي.
- ♦ لاحظ شكل ولون الاطياف المختلفة على الشاشة.

**الاستنتاج :**

ان الطيف الناتج من تحليل الاشعاعات المنبعثة من الغازات يختلف باختلاف نوع الغاز.

س/ علامَ يعتمد الطيف الناتج من تحليل الاشعاعات المنبعثة من الغازات ؟

ج/ يعتمد على نوع الغاز.

**أنواع الأطياف:**

س/ اذكر انواع الاطياف ؟

ج/ (a) اطياف الانبعاث : (1) طيف انبعاث مستمر (2) طيف انبعاث خطي براق (3) طيف انبعاث حزمي براق.

(b) اطياف الامتصاص : (1) طيف امتصاص مستمر. (2) طيف امتصاص خطي.

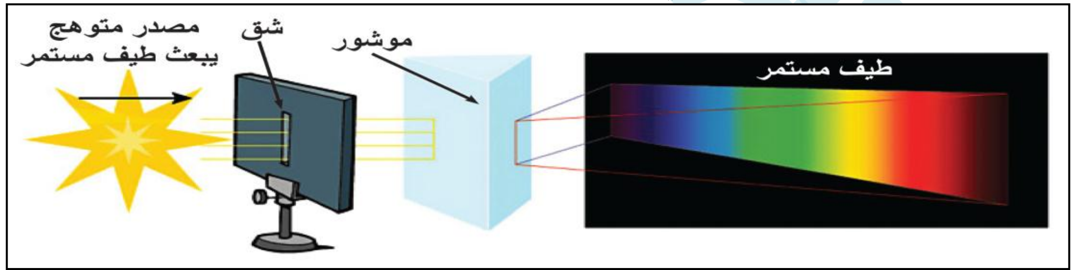
س/ ما المقصود باطياف الانبعاث وما هي انواعها؟

ج/ اطياف الانبعاث: هي اطياف المواد المتوهجة وتقسم الى:

a- الطيف المستمر b- الطيف الخطي البراق c- الطيف الحزمي البراق

**الطيف المستمر:** هو طيف يحتوي مدى واسع من الاطوال الموجية الواقعة ضمن المدى المرئي المتصلة مع بعضها والمتدرجة .

يمكن الحصول عليه من الاجسام الصلبة المتوهجة او السوائل المتوهجة او الغازات المتوهجة تحت ضغط عال جدا. مثل الضوء الصادر من مصبح التنكستن المتوهج لدرجة البياض فعند وضع حاجز ذي شق ضيق امامه واسقاط الحزمة النافذه من الحاجز على موشور زجاجي سنشاهد صورة طيف مستمر على الشاشة.

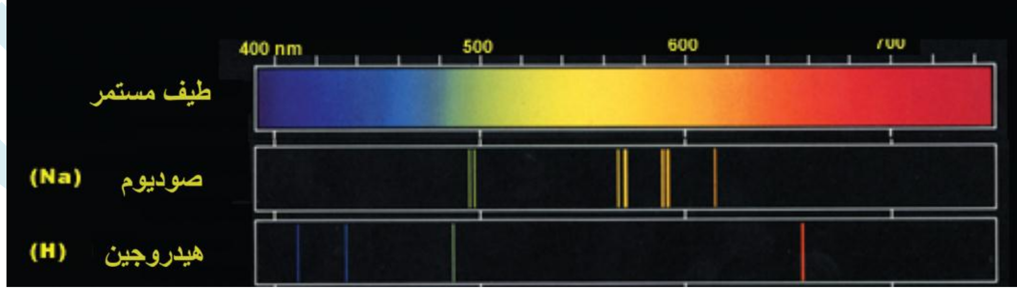



س/ ممَ يتكون الطيف المستمر ؟ وكيف يمكن الحصول عليه ؟

ج/ يتكون من مدى واسع من الاطوال الموجية الواقعة ضمن المدى المرئي المتصلة مع بعضها والمتدرجة .
ونحصل عليه من الاجسام الصلبة المتوهجة او السوائل المتوهجة او الغازات المتوهجة عند ضغط عالٍ جدا.

**الطيف الخطي البراق:** هو طيف يحتوي مجموعة من الخطوط الملونة البراقة على ارضية سوداء وان كل خط منه يمثل طولا موجيا معينا ويعد هذا الطيف صفة مميزة واساسية للذرات غير المتحدة مع غيرها.

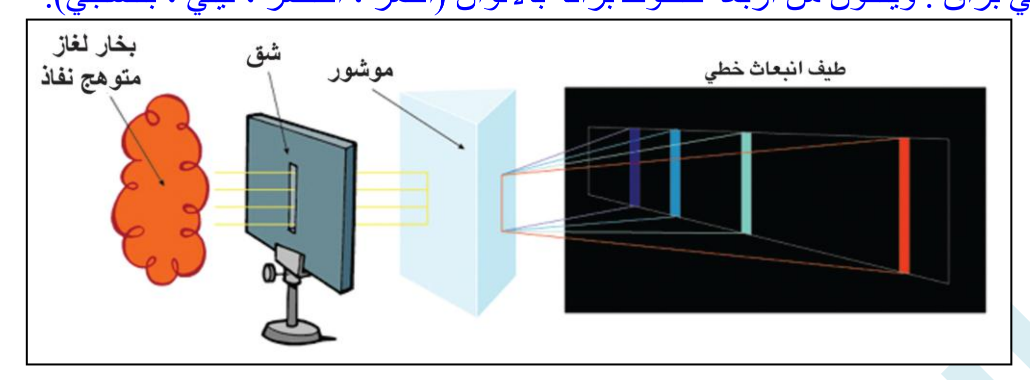
يمكن الحصول عليه من الغازات والابخرة عند الضغط الاعتيادي او الواطئ مثل الطيف الخطي البراق للصوديوم الذي يتكون من خطين اصفرين براقين قريبين جدا من بعضهما يقعان في المنطقة الصفراء من الطيف المرئي وقد يظهر الخطان كخط واحد ان لم تكن القدرة التحليلية للمطياف كبيرة .




س/ ممَ يتكون الطيف الخطي البراق ؟ وكيف يمكن الحصول عليه ؟

**ج/** يتكون من مجموعة من الخطوط الملونة البراقة على ارضية سوداء وان كل خط منه يمثل طولا موجيا معينا ويعد هذا الطيف صفة مميزة واساسية للذرات غير المتحدة مع غيرها. ويمكن الحصول عليه من الغازات والابخرة عند الضغط الاعتيادي او الواطئ

س/ ما نوع طيف ذرة الهيدروجين ؟ وما هي الوانه؟
ج/ طيف خطي براق . ويتكون من اربعة خطوط براقة بالالوان (احمر ، اخضر ، نيلي ، بنفسجي).




س/ مم يتكون كل من الطيف الخطي البراق للصوديوم والطيف الخطي للهيدروجين؟
ج/ الطيف الخطي البراق للصوديوم يتكون من خطين اصفرين براقين قريبين جدا من بعضهما يقعان في المنطقة الصفراء للطيف المرئي ، اما الطيف الخطي للهيدروجين فيتكون من اربعة خطوط براقة (احمر ، اخضر ، نيلي ، بنفسجي) .

**س/ ما الفائدة العملية من دراسة الطيف الخطي البراق ؟**
ج/ الكشف عن وجود عنصر مجهول في مادة او معرفة مكونات سبيكة.

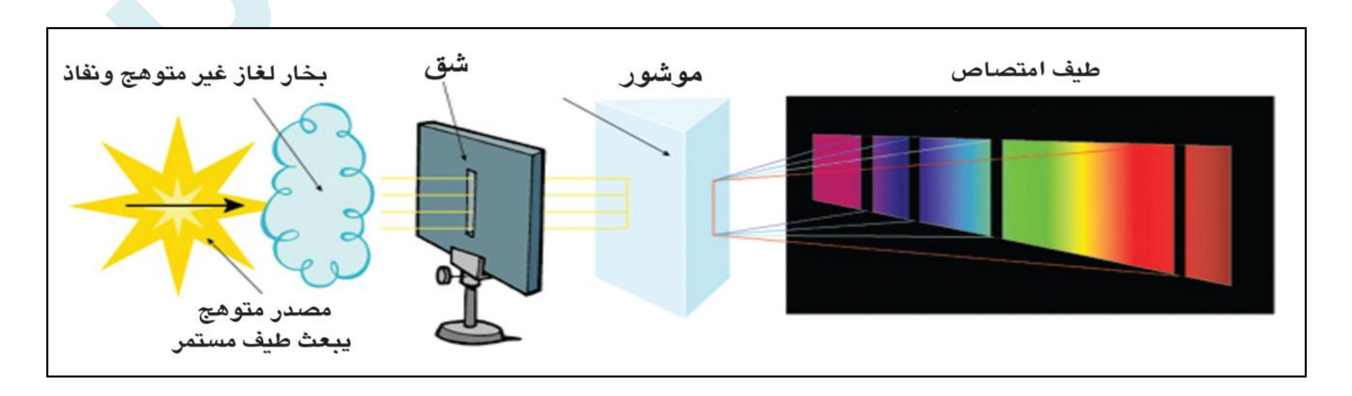
**س/ كيف يمكننا الكشف عن وجود عنصر مجهول في مادة ما بطريقة تستثمر مفهوم الطيف ؟**
**(او كيف يمكننا معرفة مكونات سبيكة بطريقة تستثمر مفهوم الطيف؟)**
ج/ وذلك من خلال اخذ عينة من تلك المادة وتبخيرها في قوس كاربوني لجعلها متوهجة ثم يسجل طيفها الخطي بوساطة المطياف ويقارن الطيف الحاصل مع الاطياف القياسية الخاصة بطيف كل عنصر.

**الطيف الحزمي البراق :** هو طيف يحتوي حزمة او عددا من الحزم الملونة على ارضية سوداء وتتكون كل حزمة من عدد كبير من الخطوط المتقاربة وهو صفة مميزة للمواد جزيئية التركيب.

س/ مَم يتكون الطيف الحزمي البراق ؟ وكيف يمكن الحصول عليه ؟
ج/ يتكون هذا الطيف من حزمة او عددا من الحزم الملونة على ارضية سوداء وتتكون كل حزمة من عدد كبير من الخطوط المتقاربة وهو صفة مميزة للمواد جزيئية التركيب.ويمكن الحصول عليه من مواد متوهجة جزيئية التركيب كغاز ثنائي اوكسيد الكاربون في انبوبة تفريغ تحتوي املاح الباريوم او املاح الكالسيوم والمتوهجة بوساطة قوس كاربوني.

**طيف الامتصاص:** وهو طيف مستمر تتخلله خطوط او حزم معتمة .

س/ مَم يتكون الطيف الحزمي البراق ؟ وكيف يمكن الحصول عليه ؟
ج/ يتكون من طيف مستمر تتخلله خطوط او حزم معتمة . ويمكن الحصول عليه بامرار الضوء المنبعث من مصدر طيفه مستمر خلال بخار غير متوهج (او مادة نفاذة) يمتص من الطيف المستمر الاطوال الموجية التي يبعثها فيما لو كان متوهجا.



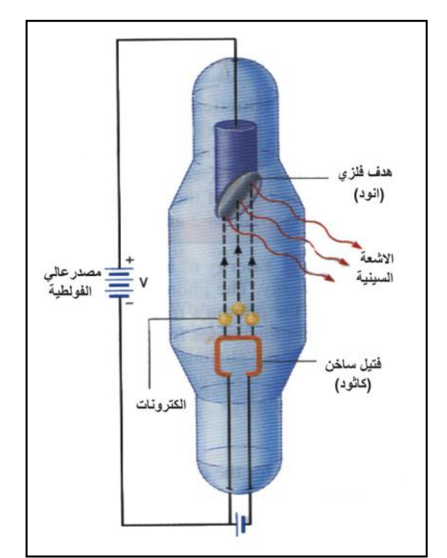
**س/ اذكر انواع اطياف الامتصاص ؟**
ج/ 1- طيف امتصاص مستمر .      2- طيف امتصاص خطي .
**س/ ماذا يحصل ؟ ولماذا ؟ عند اعتراض بخار لغاز غير متوهج ونفاذ لضوء منبعث من مصدر طيفه مستمر.**
ج/ نحصل على طيف امتصاص . لان البخار يمتص من الطيف المستمر الاطوال الموجية التي يبعثها لو كان متوهجا.
س/ ما هي خطوط فرانهوفر؟ وممَ تنتج؟
ج/ **خطوط فرانهوفر:** هي خطوط سوداء تظهر في الطيف الشمسي المستمر اكتشفها العالم فرانهوفر وعددها (600) خط . تنتج من الجو الغازي المحيط بالشمس والذي يمتص قسما من الطيف المستمر لها حيث يمتص الاطوال الموجية التي يبعثها فيما لو كان متوهجا.
س/ هل ان الطيف الشمسي هو طيف مستمر ام طيف امتصاص خطي؟ولماذا؟
ج/ طيف امتصاص خطي . لأنه يحتوي على خطوط سوداء (600خط) سميت بخطوط فرانهوفر.
س/ ما سبب ظهور خطوط سوداء في طيف الشمس؟
ج/ لان الغازات حول الشمس وفي جو الأرض الأقل توهجا من غازات باطن الشمس تمتص من الطيف المستمر للشمس الاطوال الموجية التي تبعثها هذه الغازات فيما لو كانت متوهجة.
س/ ما الفرق بين الطيف الخطي البراق والطيف الحزمي البراق؟

| ت | الطيف الخطي البراق | الطيف الحزمي البراقي |
|---|---|---|
| 1 | يظهر بشكل خطوط براقة تتخللها مناطق مظلمة | يظهر بشكل حزم براقة تتخللها مناطق مظلمة |
| 2 | يعتبر صفة مميزة للذرة | يعتبر صفة مميزة للجزيئة |
| 3 | نحصل عليه عمليا من توهج بخار الصوديوم تحت ضغط اعتيادي | نحصل عليه عمليا من توهج بخار ثنائي اوكسيد الكاربون تحت ضغط اعتيادي. |

س/ ما الفرق بين الطيف المستمر وطيف الامتصاص الخطي؟

| ت | الطيف المستمر | طيف الامتصاص الخطي |
|---|---|---|
| 1 | طيف يحتوي مدى واسع من الاطوال الموجية المتصلة والمتدرجة. | طيف مستمر تتخلله خطوط معتمة. |
| 2 | ينبعث من الاجسام الصلبة المتوهجة او السوائل المتوهجة او الغازات المتوهجة والمضغوطة ضغطا شديدا. | نحصل عليه بمرور الضوء المنبعث من مصدر طيفه مستمر خلال غازات او ابخرة ذراتها غير متحدة مع غيرها وغير متوهجة تمتص منه الاطوال الموجية التي تبعثها هي لو كانت متوهجة. |

**الأشعة السينية x- ray:**
**س/ كيف اكتشف رونتجن الاشعة السينية؟**
**ج/ اكتشفها عن طريق الصدفة عندما كان يدرس كهربائية الغازات والتوصيل الكهربائي للالكترونات داخل انابيب مفرغة جزئيا من الهواء.**
**س/ ما المقصود بالأشعة السينية؟**
**ج/ الاشعة السينية:هي موجات كهرومغناطيسية غير مرئية ترددها يفوق تردد الاشعة فوق البنفسجية واطوالها الموجية قصيرة جدا نحو (0.1 – 10)nm لا تتاثر بالمجالات الكهربائية والمغناطيسية لانها ليست دقائق مشحونة.**




**س/ مم يتكون جهاز توليد الاشعة السينية؟**

**ج/ يتكون من انبوبة زجاجية مفرغة من الهواء تحتوي على قطبين احدهما سالب (كاثود) وهو فتيل تنبعث منه الالكترونات عند تسخينه والاخر قطب موجب (انود) وهو هدف فلزي عادة يميل بزاوية معينة مع اتجاه حركة الالكترونات المعجلة ونتيجة لتصادم هذه الالكترونات بالهدف تتولد حرارة عالية لذا يصنع الهدف من مادة درجة انصهارها عالية جدا مثل التنكَستن والمولبدينيوم كما يختار الهدف من مادة ذات عدد ذري كبير وذلك لزيادة كفاءة الاشعة السينية وتستعمل وسائل خاصة لتبريد الهدف نتيجة تولد الحرارة العالية.**

س/ لماذا تعد ظاهرة توليد الاشعة السينية ظاهرة كهروضوئية عكسية؟

ج/ لان الاشعة السينية تتولد نتيجة لتحول طاقة الالكترونات المعجلة المنبعثة من الكاثود والساقطة على الهدف الى فوتونات اشعة سينية.

س/ بماذا يمتاز الانود في جهاز توليد الاشعة السينية؟

ج/ يمتاز بان:

1- درجة انصهاره عالية جدا ليتحمل الحرارة الناتجة عن تصادم الالكترون بالهدف الفلزي.

2- عدده الذري كبير وذلك لزيادة كفاءة الاشعة السينية لان شدة الاشعة السينية تتناسب طرديا مع العدد الذري لمادة الهدف.

3- مائل بزاوية معينة مع اتجاه حركة الالكترونات المعجلة.

س/ لماذا يصنع الهدف الفلزي في انبوبة الاشعة السينية من التنكَستن والمولبدينيوم؟

ج/ وذلك لان هذه المواد 1- درجة انصهارها عالية جدا 2- عددها الذري كبير لزيادة كفاءة الاشعة السينية.

س/ علامَ تعتمد شدة الاشعة السينية ؟

ج/ تعتمد على عدد الفوتونات المنبعثة عند طول موجي معين (شدة الاشعة السينية تتناسب طرديا مع عدد الفوتونات).

**س/ ما هما نوعا طيف الاشعة السينية؟**

**1- الاشعة السينية ذات الطيف الخطي الحاد :** وتسمى احيانا الاشعة السينية المميزة فعند سقوط الالكترونات المعجلة على ذرات مادة الهدف فان هذه الالكترونات تنتزع احد الالكترونات من احد المستويات الداخلية للهدف ويغادر الذرة نهائيا فتحصل حالة التاين او قد يرتفع الى مدار اكثر طاقة وتحصل حالة التهيج وفي كلا الحالتين تصبح الذرة قلقة (متهيجة) فتحاول العودة الى وضع الاستقرار وعندما يهبط احد الالكترونات من المستويات العليا (ذو الطاقة العليا) الى مستوي الطاقة الذي انتزع منه الإلكترون يبعث طاقة بشكل فوتون للأشعة السينية طاقته تساوي فرق الطاقة بين المستويين $E_2$ ، $E_1$ أي ان :

$$hf = E_2 - E_1$$

وهذا الطيف صفة مميزة لذرات مادة الهدف .

**2- الاشعة السينية ذات الطيف المستمر:** ينتج هذا الطيف عن اصطدام الالكترونات المعجلة مع ذرات مادة الهدف مما يؤدي الى تباطؤ حركتها بمعدل كبير بتأثير المجال الكهربائي لنوى مادة الهدف ونتيجة لهذا التباطؤ فان الالكترونات تفقد جميع طاقتها وتظهر بشكل فوتونات الأشعة السينية بترددات مختلفة.

❖ عند تسليط فرق جهد عال مقداره (V) على طرفي انبوبة توليد الاشعة السينية تتعجل الالكترونات من الكاثود باتجاه الانود وان الطاقة الحركية العظمى للالكترون المنبعث من الكاثود يعبر عنها بالعلاقات الرياضية الاتية :

$$KE_{max} = eV \quad or \quad KE_{max} = \frac{1}{2} m_e v_{max}^2$$

حيث :

$KE_{max}$ : الطاقة الحركية العظمى للالكترون بوحدة (J) .

e : شحنة الالكترون حيث $(e=1.6\times10^{-19}C)$ .

V : فرق الجهد المسلط على طرفي انبوبة الاشعة السينية بوحدة فولط (V) .

$m_e$ : كتلة الالكترون حيث $(m_e=9.11\times10^{-31}kg)$ .

$v_{max}$ : سرعة الالكترون بوحدة (m/sec) .

❖ نتيجة لاصطدام الالكترون المعجل بالهدف الفلزي تتحول جميع طاقته الحركية $(KE_{max})$ الى طاقة اشعاعية هي طاقة فوتون الاشعة السينية (E) (كم الأشعة السينية) .

أي انه بعد اصطدام الالكترون بالهدف فان :

$$KE_{max} = E$$

❖ ان أعظم تردد لفوتون الأشعة السينية او اقصر طول موجي يتوقف على فرق الجهد (V) المسلط على طرفي أنبوبة الأشعة السينية والذي يعجل الإلكترون فيكسبه طاقة حركية عظمى $(KE_{max})$ لذلك يعبر عن اعظم تردد لفوتون الاشعة السينية او اقصر طول موجي بالعلاقات الرياضية الاتية :

$$f_{max} = \frac{eV}{h}$$ لحساب أعظم تردد لفوتون الاشعة السينية

$$\lambda_{min} = \frac{hc}{eV}$$ لحساب أقصر طول موجي لفوتون الاشعة السينية

اما العلاقة بين اعظم تردد لفوتون الاشعة السينية واقصر طول موجي يعبر عنها من خلال المعادلة العامة للموجات الكهرومغناطيسية وكما يلي :

$$c = f_{max}\lambda_{min}$$

س/ اشتق علاقة لحساب اقصر طول موجي لفوتون الاشعة السينية .

ج/

$$KE_{max} = E \quad \Rightarrow \quad Ve = hf_{max} \quad \Rightarrow \quad Ve = h\frac{c}{\lambda_{min}}$$

$$\therefore \quad \lambda_{min} = \frac{hc}{Ve}$$

س/ علامَ يعتمد اعظم تردد او اقصر طول موجي لفوتون الاشعة السينية ؟

ج/ يعتمد على فرق الجهد المسلط على طرفي انبوبة الاشعة السينية والذي يعجل الالكترون فيكسبه طاقة حركية.

**س/ ما هي اهم تطبيقات الاشعة السينية؟**

1- **المجال الطبي :** فهي تعطي صورا واضحة للعظام التي تظهر بشكل فاتح والانسجة تظهر بشكل اغمق عند التصوير الشعاعي للكشف عن تسوس الاسنان وكسور العظام وتحديد مواقع الاجسام الصلبة مثل الشظايا او الرصاص في الجسم وكذلك الكشف وعلاج بعض الاورام في الجسم كما تستثمر لتعقيم المعدات الطبية مثل القفازات الجراحية اللدنة او المطاطية والمحقنات فهذه المعدات تتلف عند تعرضها للحرارة الشديدة ولذا فلا يمكن تعقيمها بالغليان.

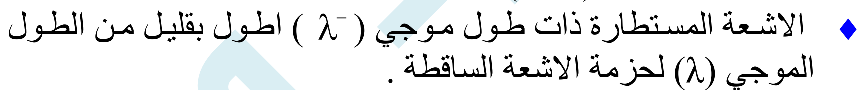
2- **المجال الصناعي :** للكشف عن العيوب والشقوق في القوالب المعدنية والاخشاب المستعملة في صناعة الزوارق كما ساعدت دراسة طيف امتصاص الاشعة السينية في المادة في الكشف عن العناصر الداخلة في تركيب المواد المختلفة وتحليلها وكذلك تستثمر في دراسة خصائص الجوامد والتركيب البلوري.

3- **المجال الامني :** لمراقبة حقائب المسافرين في المطارات .

**س/ كيف تستثمر الاشعة السينية للتعرف على اساليب الرسامين والتمييز بين اللوحات الحقيقية والمزيفة ؟**

ج/ ان الالوان المستعملة في اللوحات القديمة تحتوي على عدد كبير من المركبات المعدنية التي تمتص الاشعة السينية واما الالوان المستعملة في اللوحات الحديثة فهي مركبات عضوية تمتص الاشعة السينية بنسبة اقل.

## تأثير كومبتن:



توصل العالم كومبتن الى انه عند سقوط حزمة من الاشعة السينية (فوتونات) ذات طول موجي معلوم (λ) على هدف من الكَرافيت النقي :

- ان الاشعة تستطار (تتشت) بزوايا مختلفة .
- الاشعة المستطارة ذات طول موجي ( $\lambda^-$ ) اطول بقليل من الطول الموجي (λ) لحزمة الاشعة الساقطة .
- التغير في الطول الموجي ( $\lambda^- - \lambda$ ) يزداد بزيادة زاوية الاستطارة (θ).
- انبعاث الكترون من الجانب الاخر للهدف.
- فسر العالم كومبتن ذلك بان الفوتون الساقط على هدف من الكَرافيت يتصادم مع الكترون حر من الكترونات ذرات مادة الهدف فاقدا مقدارا من طاقته وبعد التصادم يكتسب هذا الالكترون مقدارا من الطاقة بشكل طاقة حركية تمكنه من الافلات من مادة الهدف (أي ان الفوتون يسلك سلوك الجسيمات).
- افترض ان التصادم بين الفوتون والالكترون الحر هو من النوع المرن اذ يخضع لقانوني حفظ الزخم وحفظ الطاقة.

**س/ ما تاثير كومبتن ؟ ذاكرا النص والصيغة الرياضية التي استندت عليها في اجابتك ؟**



ج/ تاثير كومبتن : ان مقدار الزيادة في الطول الموجي لفوتونات الاشعة السينية المستطارة بوساطة الالكترونات الحرة لذرة الهدف مقارنة بالطول الموجي للفوتونات الساقطة يعتمد على زاوية الاستطارة ( θ ) فقط وفقا للعلاقة الاتية :

$$\lambda^- - \lambda = \frac{h}{m_e c}(1 - \cos\theta)$$

- **ان مقدار الزيادة في الطول الموجي لفوتونات الاشعة السينية المستطارة يعبر عنها رياضيا ووفقا لتاثير كومبتن كما يلي :**

$$\Delta\lambda = \frac{h}{m_e c}(1 - \cos\theta)$$

**علاقة كومبتن**

$$\Delta\lambda = \lambda^{-} - \lambda$$

حيث :

$\Delta\lambda$ : الزيادة في طول موجة الفوتون المستطار بوحدة متر (m).

$\lambda^{-}$ : طول موجة الفوتون المستطار.

$\lambda$ : طول موجة الفوتون الساقط على الهدف والذي يمثل اقصر طول موجي لفوتون الاشعة السينية أي ان :

$$\lambda = \lambda_{min} = \frac{hc}{Ve}$$

h: ثابت بلانك ويساوي $(6.63\times10^{-34}J.s)$.

$m_e$: كتلة الالكترون وتساوي $(9.11\times10^{-31}kg)$.

c: سرعة الضوء وتساوي $(3\times10^{8}m/s)$. ، $\theta$: زاوية استطارة الفوتون.

$\frac{h}{m_e c}$ : تمثل طول موجة كومبتن حيث $(\frac{h}{m_e c} = 0.24\times10^{-11}m)$.

## ملاحظة/

❖ عندما يرتد فوتون الاشعة السينية الساقط على هدف من الكَرافيت النقي باتجاه معاكس الى سقوطه فان زاوية الاستطارة تساوي $180°$ $(\theta=180°)$.

**س/ ماذا يحصل عند اعتراض هدف الكَرافيت النقي لحزمة اشعة سينية ؟**

ج/ تستطار الاشعة بزوايا مختلفة وان الاشعة المستطارة ذات طول موجي $(\lambda^{\backslash})$ اطول بقليل من الطول الموجي $(\lambda)$ لحزمة الاشعة الساقطة وان التغير في الطول الموجي $(\lambda^{\backslash} - \lambda)$ يزداد بزيادة زاوية الاستطارة $(\theta)$ مع انبعاث الكترون في الجانب الاخر للهدف .

**س/ ما تاثير زاوية الاستطارة في مقدار التغير في الطول الموجي لفوتونات الاشعة السينية المستطارة؟اكتب الصيغة الرياضية للعلاقة التي استندت عليها؟**

ج/ يزداد مقدار التغير في الطول الموجي لفوتونات الاشعة السينية المستطارة بزيادة زاوية الاستطارة طبقا للعلاقة الاتية:

$$\lambda^{-} - \lambda = \frac{h}{m_e c}(1-\cos\theta)$$

**س/ علام يعتمد التغير في طول موجة الفوتون المستطار في تاثير كومبتن ؟**

ج/ يعتمد على زاوية الاستطارة .

**س/ ما سبب عجز النظرية الكهرومغناطيسية عن تفسير تاثير كومبتن؟**

ج/ لان تاثير كومبتن هو احد الادلة المهمة التي تؤكد على السلوك الدقائقي للاشعة الكهرومغناطيسية بينما النظرية الكهرومغناطيسية اعتمدت على السلوك الموجي.

**س/ وضح ماذا يحدث لكل من طاقة وزخم الفوتون المستطار للاشعة السينية بوساطة الكترون حر لذرة الهدف؟**

ج/ تقل طاقة الفوتون المستطار لان الفوتون الساقط يعطي قدرا من طاقته الى الكترون حر من الكترونات ذرة الهدف الذي يتصادم معه لذا تقل طاقة الفوتون المستطار $(E=hf)$ فيقل تردده ويزداد طوله الموجي ونتيجة لذلك يقل زخم الفوتون المستطار $(P = \frac{h}{\lambda})$.

**مثال 1 (كتاب)/** ما مقدار الزيادة الحاصلة في طول موجة الفوتون المستطار (في تاثير كومبتن) اذا استطار بزاوية 60°؟
علما بان:
$h=6.63\times10^{-34}J.s$
$c=3\times10^{8}m/s$
$m_e=9.11\times10^{-31}kg$

الحل

$$\Delta\lambda=\lambda^{-}-\lambda=\frac{h}{m_e c}(1-\cos\theta) \Rightarrow \Delta\lambda=\frac{6.63\times10^{-34}}{9.11\times10^{-31}\times3\times10^{8}}(1-\cos60^\circ)$$

$$\Delta\lambda=0.24\times10^{-11}(1-\frac{1}{2})=0.12\times10^{-11}m$$

**مثال 2 (كتاب)/** اذا كان فرق الجهد المطبق بين قطبي انبوبة توليد الاشعة السينية ($1.24\times10^{4}V$) لتوليد اقصر طول موجة تسقط على هدف الكرافيت في جهاز (تاثير كومبتن) ، وكانت زاوية استطارة الاشعة السينية 90° فما طول موجة الاشعة السينية المستطارة؟

الحل

$$\lambda_{min}=\frac{hc}{eV}=\frac{6.63\times10^{-34}\times3\times10^{8}}{1.6\times10^{-19}\times1.24\times10^{4}}=10\times10^{-11}m$$

$$\lambda'-\lambda=\frac{h}{m_e c}(1-\cos\theta) \Rightarrow \lambda'-10\times10^{-11}=\frac{6.63\times10^{-34}}{9.11\times10^{-31}\times3\times10^{8}}(1-\cos90^\circ)$$

$$\lambda'-10\times10^{-11}=0.24\times10^{-11}(1-0) \Rightarrow \lambda'=0.24\times10^{-11}+10\times10^{-11}=10.24\times10^{-11}m$$

## الليزر والميزر:

**دخلت اشعة الليزر في العديد من المنتجات التكنولوجيا فتجدها عنصر أساسي في:**

- اجهزة تشغيل الاقراص المدمجة.
- صناعة الالكترونيات.
- قياس المسافات بدقة وخاصة ابعاد الاجسام الفضائية.
- وفي الاتصالات.
- وفي الات طبيب الاسنان.
- وفي معدات قطع ولحام المعادن.

س/ ما الفرق بين الليزر والميزر ؟
ج/ الليزر : هو تضخيم الضوء بالانبعاث المحفز للاشعاع.
الميزر : هوتضخيم الموجات الدقيقة بوساطة الانبعاث المحفز للاشعاع.

**س/ من اين جاءت كلمة ليزر (Laser)؟**
**ج/ من الاحرف الاولى لفكرة عمل الليزر والمتمثلة في العبارة الاتية :**
**Light Amplification by Stimulated Emission Radiation**

**س/ من اين جاءت كلمة ميزر (Maser)؟**
**ج/ من الاحرف الاولى لفكرة عمل الميزر والمتمثلة بالعبارة الاتية :**
**Amplification by Stimulated Emission of Microwave Radiation**

سعيد محي تومان

س/ ما هو اساس عمل الليزر؟
ج/ تضخيم الضوء بالانبعاث المحفز للاشعاع.
س/ ما خصائص شعاع الليزر ؟ وضحها .
1- **احادي الطول الموجي (احادي اللون):** أي ان له طولا موجيا واحدا فشعاع الليزر يتميز بالنقاء الطيفي بدرجة تفوق أي مصدر اخر.
2- **التشاكه :** موجات حزمة اشعة الليزر تكون كلها في الطور نفسه والاتجاه والطاقة وبهذا ممكن ان تتداخل موجتان فيما بينهما تداخلا بناء.
3- **الاتجاهية :** تبقى موجات حزمة الليزر متوازية مع بعضها لمسافات بعيدة بنفراجية قليلة وهذا يعني ان حزمة الليزر تحتفظ بشدتها نسبيا.
4- **السطوع :** ان طاقة موجات اشعة الليزر تتركز في مساحة صغيرة وذلك لقلة انفراجيتها مما يجعل شعاع الليزر ذا شدة سطوع عالية جدا.
س/ لماذا توصف اشعة الليزر بانها احادية اللون؟
ج/ لانها تتميز بالنقاوة اللونية (الطيفية) تفوق أي مصدر اخر.
س/ لماذا توصف اشعة الليزر بالشدة العالية؟
ج/ وذلك بسبب تركيز الطاقة المنبعثة منها في حزمة ضيقة قليلة الانفراجية.

## آلية عمل الليزر:

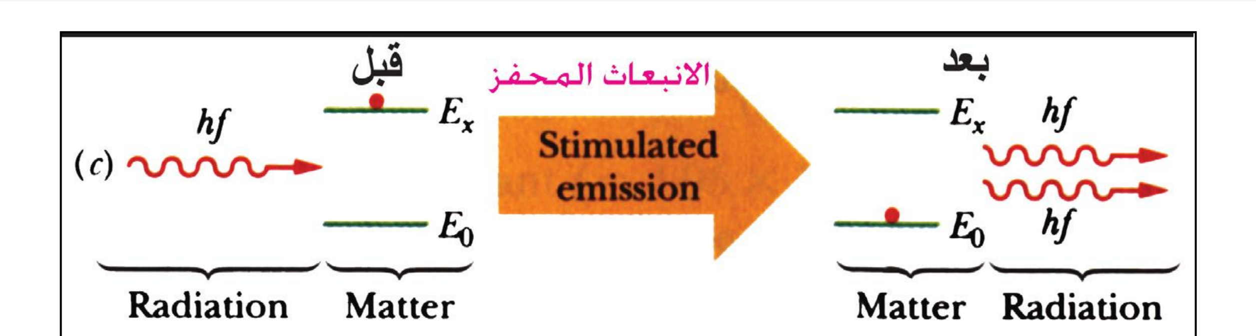
س/ ما اسس عمل الليزر؟
1- **الامتصاص المحتث :** هو انتقال الذرة من مستوي طاقة واطئ ($E_1$) الى مستوي طاقة اعلى متهيج ($E_2$) وذلك بامتصاص فوتون ذا تردد مناسب طاقته تساوي فرق الطاقة بين هذين المستويين . ($hf=E_2-E_1$).




2- **الانبعاث التلقائي :** وهو انتقال الذرة من مستوي التهيج الى المستوي الارضي بعد مدة زمنية قصيرة (العمر الزمني لمستوي التهيج) لان الذرة تميل دائما الى حالة الاستقرار ويكون هذا الانتقال مصحوبا بانبعاث فوتون طاقته تساوي فرق الطاقة بين المستويين ($E_2-E_1=hf$) وتكون الفوتونات المنبعثة تلقائيا مختلفة من حيث الطور والاتجاه (غير متشاكهة).




3- **الانبعاث المحفز :** وهو تحفيز الذرة المتهيجة على الانتقال من مستوي الطاقة الاعلى (مستوي التهيج) الى مستوي الطاقة الاوطا (المستوي الارضي) بوساطة فوتون انبعاث تلقائي طاقته مساوية الى فرق الطاقة بين المستويين والذي يحفز الالكترون غير المستقر على النزول الى المستوي الارضي فينبعث نتيجة لذلك فوتونا جديدا مماثل للفوتون المحفز (الفوتون الساقط) الذي اصطدم بالذرة المتهيجة بالطاقة والتردد والطور والاتجاه أي الحصول على فوتونين متشاكهين.




**س/ وضح كيف يحصل الانبعاث المحفز عند حدوث الفعل الليزري ؟**

ج/ عندما يؤثر فوتون في ذرة متهيجة وهي في مستوي الطاقة $(E_2)$ طاقته مساوية تماما الى فرق الطاقة بين المستوي $(E_2)$ والمستوي الاوطا $(E_1)$ فانه يحفز الالكترونات غير المستقرة على النزول الى المستوي $(E_1)$ وانبعاث فوتون مماثل للفوتون المحفز بالطاقة والتردد والطور والاتجاه اي الحصول على فوتونين متشاكهين.

**ملاحظات/**

1- اول من وضع الاساس النظري لعملية الانبعاث المحفز هو العالم انشتاين.
2- صمم اول جهاز ليزر من قبل العالم ميمان باستعمال بلورة الياقوت ويعرف بليزر الياقوت.
3- الانبعاث التلقائي ضروري لانبعاث الليزر وبدونه لن يكون هناك خرج ليزري.
4 لا يشترط لحصول الانبعاث التلقائي ان يكون هناك عدد كبير من الذرات في أي من مستويات التهيج.
5- لانبعاث المحفز يحدث فقط اذا كان عدد الذرات المتهيجة في المستويات العليا (مستويات التهيج) اكبر مما هو عليه في المستويات الواطئة.
6- فوتون الانبعاث المحفز مماثل لفوتون الانبعاث التلقائي من حيث الطاقة والتردد والطور والاتجاه.
7- تردد فوتون الانبعاث التلقائي او الانبعاث المحفز يحسب طبقا للعلاقة الاتية:

$$f = \frac{E_2 - E_1}{h}$$

## توزيع بولتزمان والتوزيع المعكوس :

**س/ ما المقصود بتوزيع بولتزمان ؟**

**توزيع بولتزمان :** ان معظم الذرات او الجزيئات او الايونات لنظام ذري في حالة اتزان حراري تكون في المستويات الواطئة للطاقة ونسبة قليلة منها تكون متهيجة في المستويات العليا للطاقة .

**ويعبر عن قانون بولتزمان لتوزيع الذرات او الجزيئات في مستويات الطاقة كما يلي :**

$$\frac{N_2}{N_1} = e^{-\frac{E_2 - E_1}{KT}}$$

قانون بولتزمان

حيث :

k: ثابت بولتزمان ومقداره يساوي $1.38\times10^{-23}$ J/°k
T: درجة الحرارة بالكَلفن (k).
kT: الطاقة الحرارية بالجول (J).
$N_2$: عدد الذرات في المستوي الاعلى للطاقة.
$N_1$: عدد الذرات في المستوي الاوطأ للطاقة (المستوي الارضي).

$E_2$: مستوي عالي للطاقة.
$E_1$: اوطأ مستوي للطاقة.
$(E_2 - E_1)$ فرق الطاقة بين المستويين $(\Delta E)$ والتي تساوي طاقة الفوتون أي ان : $(\Delta E = E_2 - E_1 = hf)$.

- وحيث ان النظام متزن حراريا (عند درجة حرارة الغرفة) لذلك فان فرق الطاقة بين المستويين $(\Delta E)$ يساوي الطاقة الحرارية $(kT)$ .

$$E_2 - E_1 = kT \quad \text{or} \quad \Delta E = kT$$

بوحدة جول

$$T = °C + 273$$

$\Delta E$ : فرق الطاقة بين المستويين بوحدة جول (J) .
$°C$ : الدرجة السيليزية.

## ملاحظات /

1- استفد : $(e^{-1} = 0.37)$.

2- يتحقق قانون بولتزمان فقط عندما يكون النظام متزن حراريا (في درجة حرارة الغرفة) لان في هذه الحالة يكون عدد الذرات او الجزيئات في المستوي الارضي اكثر من عدد الذرات او الجزيئات في المستوي الاعلى للطاقة .

أي ان :

$$N_1 > N_2$$

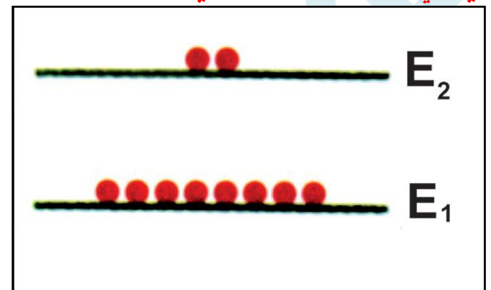
في حالة الاتزان الحراري

2- عندما لا يكون النظام الذري متزن حراريا عدد الذرات في مستويات التهيج اكثر من عدد الذرات في مستويات الطاقة الواطئة وهذه العملية تسمى بالتوزيع المعكوس وهو يخالف توزيع بولتزمان . أي ان :

$$N_2 > N_1$$

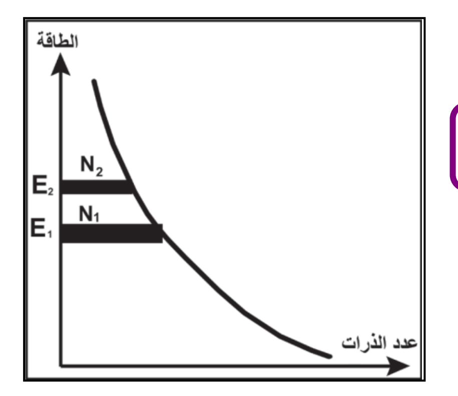
تسمى هذه العملية بالتوزيع المعكوس

**س/ كيف يكون توزيع الذرات او الجزيئات على مستويات الطاقة لنظام ذري في حالة اتزان حراري؟**




ج/ تكون معظم الذرات في المستويات الواطئة للطاقة ونسبة قليلة من الذرات تكون متهيجة في المستويات العليا للطاقة أي ان التوزيع (الاستطيان) او عدد الذرات او الجزيئات $(N_1)$ في المستوي الارضي يكون اكثر من عدد الذرات او الجزيئات $(N_2)$ في المستوي الاعلى للطاقة.

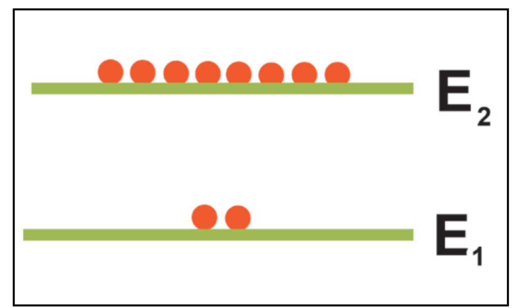
أي ان :



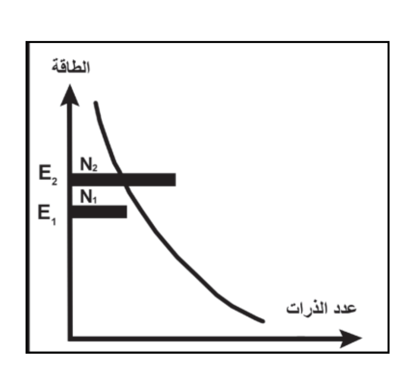

$$N_1 > N_2$$

في حالة الاتزان الحراري

## التوزيع المعكوس:




س/ وضح كيف يمكن الحصول على التوزيع المعكوس؟
ج/ اذا كان النظام الذري غير متزن حراريا فان عدد الذرات في المستويات العليا للطاقة اكثر من عدد الذرات في المستويات الواطئة للطاقة وهذا يخالف توزيع بولتزمان أي ان التوزيع في هذه الحالة يكون بشكل معكوس لذا تسمى هذه العملية بالتوزيع المعكوس والتي تزيد من احتمالية الانبعاث المحفز التي هي اساس توليد الليزر وتحصل عندما يكون هناك شدة ضخ كافية ويتحقق ذلك بوجود مستوي طاقة ذات زمن عمر اطول نسبيا ويسمى هذا المستوي بالمستوي شبه المستقر.




س/ ما المقصود بالمستوي شبه المستقر؟
ج/ هو مستوي طاقة وسطي تتحقق بوجوده عملية التوزيع المعكوس وهي من اسس انبعاث الليزر اذ تبقى الذرات المتهيجة في المستوي شبه المستقر لفترة زمنية اطول من فترة بقائها في مستويات التهيج الاخرى.
س/ ماذا يحدث اذا كان النظام الذري غير متزن حراريا؟
ج/ يكون عدد الذرات في المستويات العليا للطاقة اكثر من عدد الذرات في المستويات الواطئة للطاقة. أي ان توزيع الذرات في هذه الحالة يكون بشكل معكوس وتسمى هذه العملية بالتوزيع المعكوس.
س/ هل ان توزيع الذرات بشكل معكوس لنظام غير متزن حراريا مطابق لتوزيع بولتزمان؟ولماذا؟
ج/ كلا فعملية التوزيع المعكوس مخالفة لتوزيع بولتزمان. لان في توزيع بولتزمان عدد الذرات في المستويات الواطئة للطاقة اكبر من عدد الذرات في المستويات العليا للطاقة.
س/ ما فائدة توزيع الذرات بشكل معكوس؟
ج/ تزيد من احتمالية الانبعاث المحفز وهذه العملية هي اساس توليد الليزر .
س/ ما الذي يجب توافره لزيادة احتمال الانبعاث المحفز؟ وماذا تسمى هذه العملية؟
ج/ يجب ان يكون عدد الذرات المتهيجة في المستويات العليا للطاقة اكبر مما هو عليه في المستويات الواطئة للطاقة. وتسمى هذه العملية بالتوزيع المعكوس.
س/ كيف تحصل عملية التوزيع المعكوس؟
ج/ تحصل عندما يكون هناك شدة ضخ كافية ويتحقق ذلك بوجود مستوي طاقة ذي عمر زمني اطول نسبيا ويسمى هذا المستوي بالمستوي شبه المستقر.

**تذكر:**

1- لغرض توليد الليزر يجب ان يكون عدد الذرات في مستويات التهيج اكبر مما عليه في مستويات لطاقة الواطئة وتسمى هذه العملية بالتوزيع المعكوس.
2- لا يمكن الحصول على الانبعاث المحفز من غير حصول الانبعاث التلقائي اولا.
3- ان الفوتونات التي نحصل عليها من الانبعاث التلقائي والتي تسير بموازاة المحور البصري ضمن الوسط الفعال هي التي تحفز الذرات المتهيجة وتحثها على الانبعاث المحفز (توليد الليزر).

**مثال3(كتاب)/** اذا كان فرق الطاقة بين المستويين يساوي (kT) عند درجة حرارة الغرفة احسب عدد الالكترونات $N_2$ بدلالة $N_1$.

**الحل**

$$\frac{N_2}{N_1}=\exp\left[\frac{-(E_2-E_1)}{kT}\right] \Rightarrow \frac{N_2}{N_1}=\exp\left[-\frac{kT}{kT}\right] \Rightarrow \frac{N_2}{N_1}=e^{-1}$$

$$\therefore \frac{N_2}{N_1}=0.37 \Rightarrow N_2=0.37N_1$$

اي ان

$$N_2<N_1$$

**مثال4(كتاب)/** وضح رياضيا انه لا يتحقق التوزيع المعكوس عندما تكون الطاقة الحرارية (kT) مساوية لطاقة الفوتون الساقط.

**الحل**

$$\frac{N_2}{N_1}=\exp\left[\frac{-(E_2-E_1)}{kT}\right]$$

$$\because E_2-E_1=hf \quad , \quad kT=hf$$

$$\therefore \frac{N_2}{N_1}=\exp\left[-\frac{hf}{hf}\right] \Rightarrow \frac{N_2}{N_1}=e^{-1} \Rightarrow \frac{N_2}{N_1}=0.37 \Rightarrow N_2=0.37N_1$$

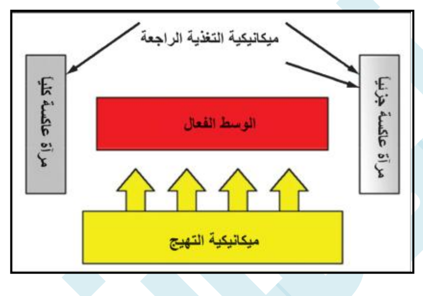
$$\because N_2<N_1$$

لذلك لا يتحقق التوزيع المعكوس.

## مكونات جهاز الليزر:

س/ ما اهم المكونات الرئيسية التي يشترط وجودها في اجهزة الليزر؟

1- الوسط الفعال
2- المرنان
3- تقنية الضخ.




**1- الوسط الفعال:** هو ذرات او جزيئات او ايونات المادة بحالتها الغازية او السائلة او الصلبة والتي يمكن ان يحصل فيها التوزيع المعكوس عندما يجهز الوسط الفعال بالشدة الكافية لتهيجه.

**2- المرنان:** تجويف ذو تصميم مناسب يتكون من مراتين متقابلتين توضع المادة الفعالة بينهما احداهما عاكسة كليا للضوء والثانية عاكسة جزئيا (تعتمد قيمة انعكاسيتها على الطول الموجي لضوء الليزر المتولد) لذا فان الشعاع الساقط على احداهما ينعكس للمحور الاساس للمراتين ثم يسقط على المراة الاخرى وينعكس عنها وهكذا تتعاقب انعكاسات الاشعة داخل المرنان وفي كل انعكاس تحصل عملية الانبعاث المحفز وبذلك يزداد عدد الفوتونات المتولدة بالانبعاث المحفز بعدد هائل فيحصل التضخيم وتسمح المراة ذات الانعكاس الجزئي بنفاذية معينة من الضوء الساقط عليها خارج المرنان اما بقية الضوء فتعكسه مرة اخرى داخل المرنان لادامة عملية التضخيم.

**3- تقنية الضخ :** وهي التقنية التي يمكن بوساطتها تزويد ذرات الوسط الفعال بالطاقة اللازمة لاثارتها ونقلها من مستوي الاستقرار الى مستوي التهيج لكي يتحقق التوزيع المعكوس الذي يضمن توليد الليزر.

س/ هناك ثلاثة انواع من تقنية الضخ ما هي؟
ج/ a- تقنية الضخ الضوئي b- تقنية الضخ الكهربائي c- تقنية الضخ الكيميائي.

**a- تقنية الضخ الضوئي :** يستعمل الضخ الضوئي للحصول على ليزرات تعمل ضمن المنطقة المرئية او تحت الحمراء القريبة من الطيف الكهرومغناطيسي كليزر الياقوت وليزر النيدميوم اذ تستعمل مصابيح وميضية او مستمرة الاضاءة شدة استضائتها عالية لاثارة الوسط الفعال تصنع جدران المصابيح الوميضية من مادة الكوارتز وتملأ بغازات تبعا لنوع الوسط الفعال وتكون باشكال مختلفة حلزونية او مستقيمة. كما توجد تقنية اخرى للضخ الضوئي تستعمل فيها شعاع ليزر معين ليقوم هذا الشعاع بضخ الوسط الفعال لتحقيق التوزيع المعكوس والحصول على ليزر ذي طول موجي موجي يختلف عن الطول الموجي لشعاع الليزر الضاخ.

**b- تقنية الضخ الكهربائي :** تستعمل هذه التقنية عن طريق التفريغ الكهربائي للغاز الموضوع داخل انبوبة التفريغ الكهربائي اذ يطبق بين قطبيها فرق جهد عال حيث تصطدم الالكترونات المعجلة مع ذرات او جزيئات الغاز فتسبب تهيجها وانتقالها الى مستويات طاقة اعلى تستعمل هذه الطريقة غالبا في الليزرات الغازية كما يمكن استعمال تقنية الضخ الكهربائي في انتاج ليزر شبه الموصل.

**c- تقنية الضخ الكيميائي :** في هذه التقنية يكون التفاعل الكيميائي بين مكونات الوسط الفعال اساس توفير الطاقة اللازمة لتوليد الليزر اذ لا تحتاج الى وجود مصدر خارجي للقدرة.

س/ علامَ تعتمد قيمة الضوء المنعكس عن المراة ذات الانعكاس الجزئي في المرنان؟
ج/ تعتمد على الطول الموجي لضوء الليزر المتولد.

س/ ما الفائدة العملية من المراة ذات الانعكاس الجزئي في المرنان؟
ج/ 1- تسمح بنفاذ نسبة معينة من الضوء الساقط عليها خارج المرنان (وهي اشعة الليزر).
2- تعكس بقية الضوء الساقط عليها مرة اخرى الى داخل المرنان لاجل ادامة عملية التضخيم.

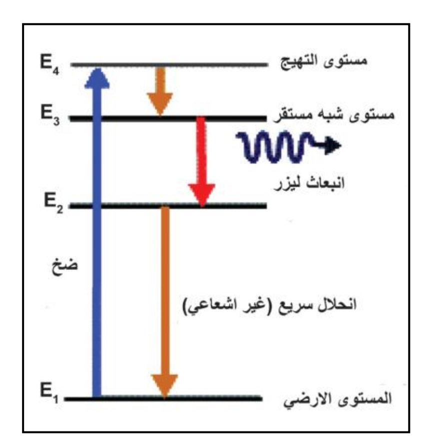
س/ ما الغرض من تقنية الضخ في الليزرات؟
ج/ لغرض تحقيق حالة التوزيع المعكوس للوسط الفعال لليزر.

## منظومات مستويات الليزر:

**تصنف منظومات الليزر تبعا لمستويات الطاقة التي تشترك لاتمام عملية التوزيع المعكوس للوسط الفعال الى منظومتين هما:**

**1- المنظومة ثلاثية المستوى 2- المنظومة رباعية المستوى.**

**1- المنظومة ثلاثية المستويات :** تشترك في هذه المنظومة ثلاثة مستويات وهي المستوي الارضي للطاقة $(E_1)$ ومستوي الطاقة الوسطي $(E_2)$ (وهو المستوي شبه المستقر) ومستوي طاقة التهيج $(E_3)$.
عندما تكون معظم الذرات او الجزيئات موجودة في المستوي الارضي للطاقة $(E_1)$ يعني ذلك الوسط الفعال في حالة استقرار اما عند تهيج الوسط الفعال بوساطة احدى طرائق الضخ المناسبة فان هذه الذرات او الجزيئات سوف تنتقل الى مستوي التهيج $(E_3)$ والذي يكون زمن العمر له قصير بحدود $(10^{-8}s)$ ولضمان توليد الليزر ينبغي ان تكون طاقة الضخ كافية لتحقيق التوزيع المعكوس . وسرعان ما تهبط هذه الذرات تلقائيا وبشكل سريع من المستوي $(E_3)$ الى المستوي شبه المستقر $(E_2)$ بانبعاث حراري والذي زمن العمر له اطول بحدود $(10^{-6})$ مما يؤدي الى تجمع عدد من الذرات في المستوي $(E_2)$ فيتحقق عندئذ التوزيع المعكوس بين هذين المستويين فيحدث الانبعاث المحفز لاشعة الليزر. ان هذه الانظمة تتطلب طاقة ضخ عالية ليصبح عدد الذرات في مستوي التهيج اكبر من عدد الذرات في المستوي الارضي للحصول على التوزيع المعكوس.




**2- المنظومة رباعية المستويات :** تشترك في هذه المنظومة اربعة مستويات للطاقة وهي $(E_1,E_2,E_3,E_4)$ وفي هذه العملية يقوم ضخ ذرات المنظومة من المستوي الارضي للطاقة $(E_1)$ الى مستوي التهيج للطاقة $(E_4)$ عندها تهبط الذرات سريعا الى مستوي الطاقة $(E_3)$ وبذلك تتجمع الذرات في المستوي $(E_3)$(وهو مستوي الطاقة شبه المستقر في هذه المنظومة) عندها يتحقق التوزيع المعكوس بين المستويين $(E_3)$ و$(E_2)$ باقل عدد من الذرات في المستوي $(E_3)$ اذ يكون المستوي $(E_2)$ شبه فارغ من الذرات بسبب الهبوط السريع للذرات ومن هذا يتبين ان هذه المنظومة تتطلب طاقة ضخ اقل لتحقيق عملية التوزيع المعكوس مقارنة مع منظومة المستويات الثلاثة.

س/ ايهما افضل لتوليد الليزر منظومة المستويات الثلاثة ام منظومة المستويات الاربعة ولماذا؟

ج/ منظومة المستويات الاربعة افضل من منظومة المستويات الثلاثة لتوليد الليزر . لان التوزيع المعكوس في منظومة المستويات الاربعة اسهل مما هو عليه في منظومة المستويات الثلاثة.

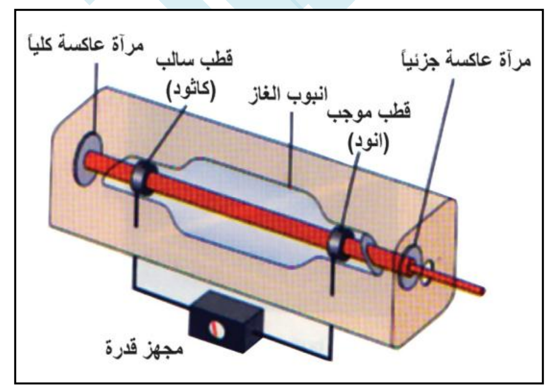
## انواع الليزر:

**تختلف انواع الليزر تبعا لنوع الوسط الفعال المستعمل فيها فمثلا ليزر الهيليوم نيون (He – Ne) يعني ان الوسط الفعال هو خليط من الهيليوم والنيون وليزر الياقوت يعني ان المادة المنتجة لليزر هي الياقوت وهكذا لباقي الانواع الاخرى.**

**س/ ما هي اهم انواع الليزر؟**

**1- ليزر الحالة الصلبة :** مثل ليزر الياقوت وليزر النيديميوم.
**2- ليزر الحالة الغازية :** مثل ليزر الهيليوم – نيون وليزر غاز ثنائي اوكسيد الكربون.
**3- ليزر الاكسايمر :** تعد ليزرات الاكسايمر صنفا مفيدا ومهما من الليزرات الجزيئية التي تستثمر الانتقالات الحاصلة بين حالتين الكترونيتين مختلفتين وتطلق على انواع الليزرات التي تستعمل الغازات النبيلة مثل غاز الزينون والكربتون او الاركون او الفلور مع ذرة هالوجين لتكوين هاليد الغاز مثل ArF،KrF،XeCl تنتج هذه الغازات اشعة ليزر ذات اطوال موجية في مدى الاشعة فوق البنفسجية.
**4- ليزر الصبغة :** وهي الليزرات التي تكون فيها المادة الفعالة بحالة سائلة من محاليل مركبات معينة لصبغة عضوية مثل الرودامين مذابة في سوائل مثل كحول مثيلي او كحول اثيلي تنتج ليزر يمكن التحكم في الطول الموجي الصادر عنه.
**5- ليزر شبه الموصلات :** مثل ليزر زرنيخيد الكاليوم.
**6- الليزر الكيمياوي :** هو الليزر الذي يحدث فيه التوزيع المعكوس بالتفاعل الكيميائي مباشرة مثل ليزر فلوريد الديتيريوم.

## الليزرات الغازية:

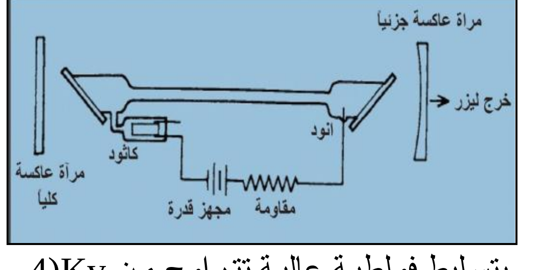


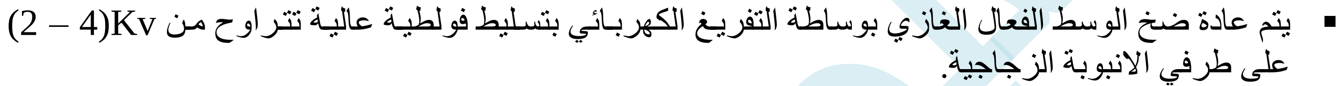

- تعتبر من اهم الليزرات المستعملة في مجال الصناعة.
- بعضها ذات قدرة واطئة (0.5–50)Mw مثل ليزر الهليوم – نيون وبعضها ذات قدرة عالية جدا (1mW – 60Kw) مثل ليزر ثنائي اوكسيد الكاربون.
- يتراوح مدى الاطوال الموجية لهذه الليزرات بين الاشعة فوق البنفسجية والضوء المرئي والاشعة تحت الحمراء.
- طريقة ضخ الطاقة الخارجية الى الوسط الفعال في هذه الليزرات هي الضخ الكهربائي حيث يتم تعجيل الالكترونات الحرة بين قطبين كهربائيين واثناء حركتها السريعة جدا تصطدم الالكترونات بالغازات الموجودة في المكان نفسه فيتم اثارتها الى المستوي الاعلى للطاقة.

س/ ما هي المكونات الرئيسية لمنظومات الليزرات الغازية؟
1- انبوبة التفريغ : تحتوي على الوسط الفعال.
2- مجهز القدرة : يساعد على تهيج الوسط الفعال عبر قطبين كهربائيين.
3- المرنان : يساعد على زيادة التوزيع المعكوس في الوسط الفعال بوساطة التغذية الراجعة.
س/ ما مدى الاطوال الموجية لليزرات الغازية؟
ج/ يتراوح مدى الاطوال الموجية لهذه الليزرات بين الاشعة فوق البنفسجية والضوء المرئي والاشعة تحت الحمراء.

## ليزر الهيليوم – نيون (He – Ne):

- يعد من الليزرات الذرية واكتشف من قبل العالم جافان.
- يتكون الوسط الفعال لهذا الليزر من خليط غازي النيون والهيليوم موضوعين في انبوبة زجاجية بنسب معينة وتحت ضغط (8 – 12)Torr.
- تعد ذرات النيون مسؤولة مباشرة عن توليد الليزر في حين ان ذرات الهيليوم لها دور مساعد ومهم في ميكانيكية تهيج ذرات النيون.



- يتم عادة ضخ الوسط الفعال الغازي بوساطة التفريغ الكهربائي بتسليط فولطية عالية تتراوح من (2 – 4)Kv على طرفي الانبوبة الزجاجية.
- عند حدوث التفريغ الكهربائي داخل الانبوبة تقوم ذرات الهيليوم بامتصاص الطاقة الناتجة من تصادمها مع الالكترونات المتسارعة وتنتقل ذرات الهيليوم من مستوي الاستقرار الى مستويات متهيجة شبه مستقرة ويمكن تمثيل ذلك بالمعادلة:

$$e_1 + He \longrightarrow He^* + e_2$$

حيث:
$e_1$: الالكترون المتسارع قبل التصادم.
$e_2$: الالكترون بعد التصادم.
$He^*$: ذرة الهيليوم المتهيجة.

- ان المستويات شبه المستقرة لذرات الهيليوم تقارب من مستويات التهيج لذرات النيون والذي يؤدي الى حدوث التصادم بينهما مما يؤدي الى تهيج ذرات النيون وانتقالها الى مستويات متهيجة ويمكن تمثيل هذه العملية بالمعادلة الاتية:

$$He^* + Ne \rightarrow Ne^* + He$$

وبذلك يحدث التوزيع العكسي لذرات النيون فيحصل الانبعاث المحفز لتنتقل الذرة الى مستوي شبه مستقر وبذلك يتم الحصول على اربع خطوط ليزرية (339 , 543 , 1153 , 632.8)nm.
س/ ما طريقة الضخ المناسبة في ليزر الهيليوم – نيون ؟ وما الوسط الفعال له ؟
ج/ طريقة التفريغ الكهربائي . والوسط الفعال خليط من غازي الهيليوم والنيون موضوعين في انبوبة زجاجية بنسبة معينة .

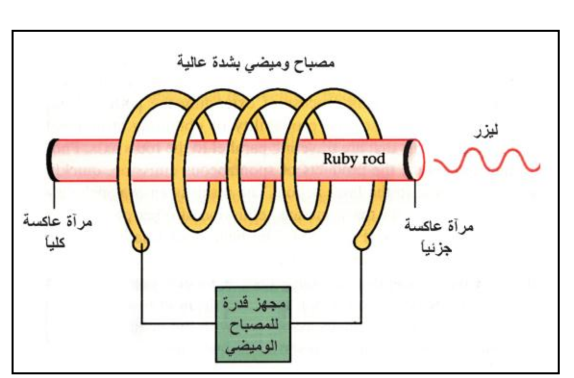
## ليزر ثنائي اوكسيد الكربون:

- اكتشف ليزر ثنائي اوكسيد الكربون عام 1964.
- يعد من اكفأ الليزرات الغازية اذ تصل كفاءته الى حدود 30%.
- يتميز بكبر القدرة الخارجة وهو من الليزرات الجزيئية.
- يتكون الوسط الفعال لهذا الليزر من خليط من غاز ثنائي اوكسيد الكربون وغاز النتروجين وغاز الهيليوم بنسب معينة.
- يضخ هذا الليزر بوساطة تقنية التفريغ الكهربائي.
- يبعث خطين ليزريين بطول موجي 9.6μm و 10.6μm.

س/ لماذا يعد ليزر ثنائي اوكسيد الكربون من اهم الليزرات الغازية؟
ج/ بسبب كفاءته العالية التي تبلغ 30% وكبر القدرة الخارجة منه .
س/ بماذا يتميز ليزر ثنائي اوكسيد الكاربون ؟ وما هي طريقة الضخ المناسبة له ؟
ج/ يتميز بكبر القدرة الخارجة منه . تقنية الضخ الكهربائي .
س/ ما الفائدة العملية من ليزر ثنائي اوكسيد الكاربون ؟
ج/ يستعمل في الجراحة العامة ويمتاز بامكانية عالية لتبخير الانسجة الحية وقطعها.

## الليزرات الصلبة:

### ليزر الياقوت:




يعد ليزر الياقوت الاحمر اول ليزر في العالم صنع عام 1960 اذ يتكون الوسط الفعال له من بلورة اسطوانية صلدة من الياقوت والتي تتكون من اوكسيد الالمنيوم $Al_2O_3$ المطعم بايونات الكروم $Cr^3$ بنسبة 5% من الوزن الكلي بتركيز ايونات فعالة حوالي $(10^{22})$. تعمل بنظام المستويات الثلاثية ويتم الضخ فيها بوساطة المصباح الومضي.

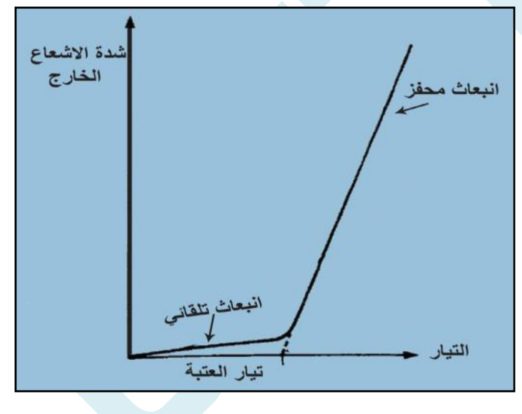
س/ ما الوسط الفعال لكل من ؟ ليزر الياقوت ، ليزر ثنائي اوكسيد الكاربون .
ج/ الوسط الفعال لليزر الياقوت هو بلورة اسطوانية صلدة من الياقوت . بينما الوسط الفعال لليزر ثنائي اوكسيد الكاربون خليط من غاز ثنائي اوكسيد الكاربون وغاز النتروجين وغاز الهليوم بنسب معينة.

### ليزر النيديميوم ياك:

يتكون الوسط الفعال من مادة اوكسيد اليتريوم المنيوم $(Y_3Al_5O_{12})$ المطعمة بايونات النيديميوم $(Nd^{+3})$ بنسبة تطعيم لا تتجاوز 1.5% يعمل بنظام المستويات الاربعة داخل البلورة ويمكن الحصول على ثلاثة خطوط ليزرية مختلفة (1359 , 1060 , 914.2)nm.

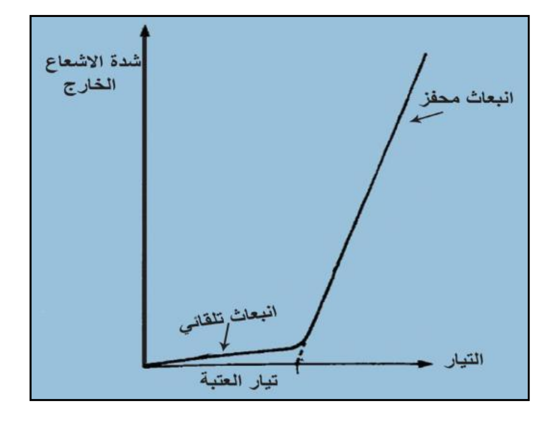
### ليزرات أشباه الموصلات:

- يتكون الوسط الفعال لهذه الليزرات من مواد شبه موصلة مانحة وقابلة .
- تمثل حزمة التوصيل مستوي الليزر العلوي وحزمة التكافؤ مستوي الليزر السفلي.
- يتم الضخ من خلال التيار الكهربائي اذ يحرك الالكترونات والفجوات ما بين هاتين الحزمتين.




فعند تسليط فولطية مناسبة بانحياز امامي على المادة الفعالة لشبه الموصل (p – n) المستعملة لانتاج الليزر يزداد مقدار التيار المناسب فيه ابتداءا من الصفر بصورة تدريجية فيحصل انبعاث تلقائي في البداية فيكون الاشعاع المنبعث في البداية ذا طيف عريض ويتناقص عرض الطيف الليزري بشكل ملحوظ مع زيادة التيار المناسب خلاله نتيجة لحصول الفعل الليزري (عندما يجتاز حد العتبة) بحيث يصبح الخط الطيفي رفيعا عند قيمة معينة للتيار ويعرف بتيار العتبة اذ تبدأ اشعة الليزر بالانبعاث عند قيمة اكبر بقليل من تيار العتبة ومن الجدير بالذكر في حالة تطعيم خاصة في هذا النوع من الليزرات تتحقق عملية التوزيع المعكوس عندما تزداد الفجوات في حزمة التكافؤ وتزداد الالكترونات في حزمة التوصيل.
تعد مادة الكاليوم ارسنايد (GaAs) من المواد شبه الموصلة التي تستعمل كقاعدة لتصنيع ليزرات اشباه الموصلات وهذا النوع من الليزرات يبعث في المنطقة تحت الحمراء القريبة حول الطول الموجي 850μm.

س/ ما الوسط الفعال ؟ وما طريقة الضخ المناسبة له في ليزرات اشباه الموصلات ؟
ج/ يتكون الوسط الفعال لهذه الليزرات من مواد شبه موصلة مانحة وقابلة . تقنية الضخ الكهربائي .
س/ وضح كيف يتم تحقيق التوزيع المعكوس في شبه الموصل؟
ج/ تتحقق عملية التوزيع المعكوس عندما تزداد الفجوات في حزمة التكافؤ وتزداد الالكترونات في حزمة التوصيل وذلك من خلال حالة تطعيم خاصة في هذا النوع من الليزرات.
س/ ما نوع الانبعاث الذي يحصل في ليزر شبه الموصل (مع ذكر السبب) عندما يكون التيار المناسب
1- اقل من تيار العتبة 2- اكبر من تيار العتبة
ج/ 1- يحصل انبعاث تلقائي بسبب عدم حصول عملية التوزيع المعكوس التي يتحقق بوساطتها الانبعاث المحفز فلا يحدث فعل ليزري.
2- يحصل انبعاث محفز بسبب حصول عملية التوزيع المعكوس بين حزمتي التكافؤ والتوصيل فتنبعث نتيجة لذلك اشعة الليزر.
س/ هل يحصل فعل ليزري في شبه الموصل عندما يكون التيار صغيرا؟ ولماذا؟
ج/ كلا. لان الاشعاع المنبعث يكون ناتجا عن الانبعاث التلقائي فلا تتحقق عملية التوزيع المعكوس والتي يتحقق بوساطتها الانبعاث المحفز.




## بعض تطبيقات الليزر:

1- **التطبيقات الطبية:** يستعمل الليزر في الجراحة والتجميل ومعالجة امراض العيون والاستئصال والتصوير الاحيائي وطب جراحة الفم والاسنان كما يستعمل الليزر مشرطا جراحيا لاجراء العمليات الجراحية ويعد ليزر ثنائي اوكسيد الكاربون من اشهر الليزرات المستعملة في الجراحة العامة ويمتاز بامكانية عالية لتبخير الانسجة الحية وقطعها ، ان شعاع هذا الليزر غير مرئي لذا تستعمل معه حزمة الهيليوم نيون الاحمر للاستدلال على موقع واتجاه الحزمة في اثناء اجراء العملية الجراحية.

2- **يمكن استعمال الليزر مصدرا طيفيا عالي النقاوة لدراسة طيف امتصاص المواد.**

3- **يستعمل ليزرات عديدة لقياس تلوث البيئة:** كاستعمال ليزر الياقوت لكشف نسبة وجود بخار الماء وثنائي اوكسيد الكاربون وثنائي اوكسيد الفسفور وقياسها.

4- **يستعمل الليزر للتصوير المجسم:** اذ يعد التصوير المجسم من افضل تقنيات فن التصوير الذي بوساطته يمكن الحصول على صور مجسمة واقرب ما تكون الى الحقيقة وذات ثلاثة ابعاد طول وعرض وارتفاع اذ تسجل سعة الموجات الضوئية المنعكسة من الجسم وطورها ليظهر بثلاثة ابعاد على شبكية العين بينما في التصوير الاعتيادي تسجل شدة الاشعة فقط.

5- **الليزر بقدرته الهائلة والسيطرة على اختيار تردده او طوله الموجي يعطي فتحا جديدا في مجال العلوم النووية** لفصل النظائر المشعة وكذلك في مجال التفاعلات الاندماجية النووية.

6- **التطبيقات التجارية:** في الاعلانات الضوئية ، الطابعات الليزرية ، وقارئات الاقراص الليزرية.

7- **يستعمل في مختبرات البحوث التطبيقية.**

**8- في الاتصالات الليزرية:** يستعمل الليزر بشكل مباشر في الجو للاتصالات القريبة وذات المسافات المحدودة مثل ارسال صور تلفزيونية الى مسافات تصل الى حدود 20km وذلك بسبب ظواهر التشتت والامتصاص التي تحصل لشعاع الليزر عند مروره في الجو بسبب احتوائه على الغبار وبعض الاجسام الاخرى والتي تسبب تشتتا لحزمة الليزر لذلك يعد الفضاء الخارجي مجالا مناسبا لارسال حزمة الليزر ونقلها اذ يستعمل شعاع الليزر في نقل المعلومات لمسافات بعيدة بوساطة الالياف البصرية وتعد الاتصالات الليزرية بوساطة الالياف البصرية مناسبة جدا باستعمال طرائق التضمين والكشف.

س/ اذكر اهم تطبيقات الليزر ؟

ج/ (1) التطبيقات الطبية

(2) يستعمل كمصدرا طيفيا عالي النقاوة لدراسة طيف امتصاص المواد .

(3) قياس تلوث البيئة . (4) التصوير المجسم.

(5) قدرته الهائلة والسيطرة على اختيار تردده او طوله الموجي يعطي فتحا جديدا في مجال العلوم النووية لفصل النظائر المشعة وفي مجال التفاعلات الاندماجية النووية.

(6) التطبيقات التجارية. (7) يستعمل في مختبرات البحوث التطبيقية (8) الاتصالات الليزرية.

## قوانين الفصل السابع

### 1- فرق الطاقة بين مستويين :

$$\Delta E = E_2 - E_1 \quad or \quad \Delta E = hf \quad or \quad \Delta E = \frac{hc}{\lambda} \quad or \quad \Delta E = kT$$

حيث :

$$T = C + 273$$

### 2- زخم الالكترون في مداره المحدد :

$$L_n = n\left(\frac{h}{2\pi}\right) \quad , \quad (n = 1, 2, 3, 4........) \quad , \quad \frac{h}{2\pi} = 1.05 \times 10^{-34}$$

### 3- قانون بولتزمان لتوزيع الذرات او الجزيئات او الايونات :

$$\frac{N_2}{N_1} = \exp\left[\frac{-(E_2 - E_1)}{kT}\right] \quad , \quad e^{-1} = 0.37 \quad , \quad N_2 < N_1$$

### 4- الاشعة السينية :

$$KE_{max} = E \quad or \quad KE_{max} = \frac{1}{2} m_e v_{max}^2 \quad or \quad KE_{max} = Ve$$

$$f_{max} = \frac{Ve}{h} \quad or \quad \lambda_{min} = \frac{hf}{Ve}$$

5- تاثير كومبتن :

$$\Delta\lambda = \frac{h}{m_e c}(1-\cos\theta) \quad \text{or} \quad \Delta\lambda = \lambda' - \lambda \quad , \quad \frac{h}{m_e c} = 0.24\times10^{-11} m$$

حيث :

$$\lambda = \frac{hc}{Ve}$$

## أسئلة الفصل السابع

**س1/ اختر العبارة الصحيحة لكل من العبارات التالية:**

**1- يبين انموذج بور للذرة ان :**

a- العناصر الغازية متماثلة في اطيافها الذرية. b- العناصر الصلبة المتوهجة متماثلة في اطيافها الذرية.
c- العناصر السائلة المتوهجة متماثلة في اطيافها الذرية. ***d- لكل عنصر طيف ذري خاص به.***

**2- عندما تثار الذرة بطاقة اشعاعية متصلة فان الذرة:**

a- تمتص الطاقة الاشعاعية كلها. ***b- تمتص الطاقة المناسبة لاثارة ذراتها.***
c- تمتص الطاقة بشكل مستمر. d- ولا واحدة منها.

**3- نحصل على سلسلة لايمان في طيف الهيدروجين عند انتقال:**

***a- الكترون ذرة الهيدروجين من مستويات الطاقة ($E_2,E_3,E_4,E_5$) إلى المستوي الاول للطاقة.***
b- الكترون ذرة الهيدروجين من مستويات الطاقة ($E_2,E_3,E_4,E_5$) إلى المستوى الثاني للطاقة.
c- الكترون ذرة الهيدروجين من مستويات الطاقة العليا إلى المستوى الثالث للطاقة.

**4- في الحالة الطبيعية للمادة وحسب توزيع بولتزمان تكون:**

a- معظم الذرات في المستويات العليا للطاقة. ***b- معظم الذرات في المستويات الواطئة للطاقة .***
c- عدد الذرات في المستوي الارضي اقل من عدد الذرات في المستويات الاعلى للطاقة.
d- عدد الذرات في مستوي التهيج اكبر من عدد الذرات في المستوى الارضي.

**5- طيف ذرة الهيدروجين هو طيف:**

a- مستمر b- امتصاص خطي ***c- خطي*** d- حزمي

**6- مقدار الزيادة في الطول الموجي لفوتونات الاشعة السينية المستطارة بوساطة الالكترونات الحرة تعتمد على:**

a- طول موجة الفوتون الساقط b- سرعة الضوء ***c- زاوية الاستطارة*** d- نوع المعدن المستطير.

**7- تكون قدرة الضخ عالية عندما تعمل منظومة الليزر بنظام:**

***a- ثلاثة مستويات*** b- مستويين c- اربعة مستويات d- أي عدد من المستويات.

**8- يمكن استعمال عملية الضخ الكهربائي عندما يكون الوسط الفعال في الحالة:**

a- الصلبة. ***b- الغازية.*** c- السائلة. d- أي وسط فعال.

**9- يحدث الفعل الليزري عند حدوث انبعاث:**

***a- تلقائي ومحفز.*** b- محفز وتلقائي. c- تلقائي فقط. d- محفز فقط.

**10- تعتمد عملية قياس المدى باستعمال اشعة الليزر على احد خواصه وهي:**

a- التشاكه b- الاستقطاب c- احادية الطول الموجي ***d- الاتجاهية .***

**س2/ علل ما ياتي:**

**1- تكون الاطوال الموجية في طيف الامتصاص لعنصر ما موجودة ايضا في طيف انبعاثه.**

**ج/ لانه عندما يمر الضوء المنبعث من مصدر طيفه مستمر خلال بخار غير متوهج (او مادة نفاذة) يمتص من الطيف المستمر الاطوال الموجية التي يبعثها هو فيما لو كان متوهجا وعندها نحصل على طيف امتصاص.**

**2- يفضل استعمال الليزر على الطرائق الاعتيادية في عمليات القطع واللحام والتثقيب.**
**ج/ بما ان حزمة اشعة الليزر كثيفة ضيقة مركزة لذا يمكن استعمالها في:**
**اولا: فتح ثقب قطره (5µm) خلال (200µs) في اشد المواد صلابة ويفضل قصر مدة التاثير لا يحصل أي تغيير في طبيعة المادة.**
**ثانيا: في الالكترونيات الدقيقة امكانية حصر الحرارة في بقع صغيرة للغاية من غير لمس المكونات وبدون التاثير في الاجزاء المجاورة لها في اثناء اللحام والقطع.**
**ثالثا: لحام المواد الصلبة والنشطة والمواد التي تتمتع بدرجة انصهار عالية مع امتيازها بدرجة التصنيع.**
**3- تاثير كومبتن هو من احدى الادلة التي تؤكد السلوك الدقائقي للاشعة الكهرومغناطيسية .**
**ج/ لانه بعد سقوط فوتون الاشعة السينية على هدف الكَرافيت يتصادم مع الكترون حر من الكترونات ذرات مادة الهدف فيفقد الفوتون مقدرا من طاقته ويكتسبها هذا الالكترون بعد التصادم بشكل طاقة حركية تمكنه من الافلات من مادة الهدف (أي ان الفوتون يسلك سلوك الجسيمات) .**
**4- في انتاج الاشعة السينية يصنع الهدف من مادة درجة انصهارها عالية جدا.**
**ج/ لكي يتحمل الحرارة العالية والناتجة عن تصادم الالكترونات السريعة جدا والمعجلة بالهدف الفلزي مثل التنكَستن والموليبيديوم.**
**س3/ ما اسس عمل الليزر؟**
**ج/ في الملزمة.**
**س4/ وضح كيف يمكن الحصول على التوزيع المعكوس؟**
**ج/ في الملزمة.**
**س5/ ما خصائص شعاع الليزر؟**
**ج/ (1) احادية الطول الموجي (احادية اللون) (2) التشاكه (3) الاتجاهية (4) السطوع.**
**س6/ ما انواع الليزرات الغازية؟**
**(1) الليزرات الذرية مثل ليزر (He – Ne) وليزر (He – Cd).**
**(2) الليزرات الايونية مثل ليزر ايونات الاركون ($Ar^+$) وليزر ايونات الكربتون ($Kr^+$).**
**(3) الليزرات الجزيئية كليزر ثنائي اوكسيد الكربون**
**س7/ ما التصوير المجسم (الهولوغرافي)؟وبماذا يتميز عن التصوير العادي؟**
**ج/ التصوير المجسم يعد من افضل تقنيات فن التصوير الذي بوساطته يمكن الحصول على صور مجسمة واقرب ما تكون إلى الحقيقة وذات ثلاثة ابعاد (طول وعرض وارتفاع) اذ يتم تسجيل سعة الموجات الضوئية المنعكسة من الجسم وطورها ليظهر بثلاثة ابعاد على شبكية العين بينما في التصوير الاعتيادي يتم تسجيل شدة الاشعة فقط.**

سعيد محي تومان

## مسائل الفصل السابع

**س1/** احسب الزخم الزاوي لالكترون ذرة الهيدروجين عندما يكون في المدار الاول مرة وعندما يكون في المدار الثاني مرة اخرى.

**الحل**

$$L_n = n(\frac{h}{2\pi})$$

$$n = 1$$

$$\therefore\ L_1 = 1\times(\frac{6.63\times10^{-34}}{2\times3.14}) = \frac{6.63}{6.28}\times10^{-34} = 1.05\times10^{-34}J.s$$

$$n = 2$$

$$\therefore\ L_2 = 2\times(\frac{6.63\times10^{-34}}{2\times3.14}) = 2\times1.05\times10^{-34} = 2.1\times10^{-34}J.s$$

**س2/** ما مقدار الطاقة بوحدات (eV) لفوتون واحد من ضوء طوله الموجي $(4.5\times10^{-7}m)$؟

**الحل**

$$E = \frac{hc}{\lambda} = \frac{6.63\times10^{-34}\times3\times10^{8}}{4.5\times10^{-7}} = 4.42\times10^{-19}J$$

$$\therefore\ E = \frac{4.42\times10^{-19}}{1.6\times10^{-19}} = 2.76eV$$

**س3/** احسب عدد الذرات في مستوي الطاقة الاعلى في درجة حرارة الغرفة اذا كان عدد ذرات مستوي الطاقة الارضي 500ذرة؟

**الحل**

$$\frac{N_2}{N_1} = \exp\left[\frac{-(E_2-E_1)}{kT}\right] \Rightarrow \frac{N_2}{N_1} = \exp\left[-\frac{kT}{kT}\right] \Rightarrow \frac{N_2}{N_1} = e^{-1}$$

$$\therefore\ \frac{N_2}{500} = 0.37 \Rightarrow N_2 = 0.37\times500 = 185$$

**س4/** ما تردد الفوتون المنبعث عند انتقال الكترون ذرة الهيدروجين من مستوي الطاقة $(E_4 = -0.85eV)$ إلى مستوي الطاقة $(E_2 = -3.4eV)$؟

**الحل**

$$\Delta E = E_4 - E_2 = -0.85 - (-3.4) = -0.85 + 3.4 = 2.55eV$$

$$\therefore\ \Delta E = 2.55eV = 2.55\times1.6\times10^{-19} = 4.08\times10^{-19}J$$

$$hf = \Delta E \Rightarrow f = \frac{\Delta E}{h} = \frac{4.08\times10^{-19}}{6.63\times10^{-34}} = 0.615\times10^{15}Hz$$

لسعيد محي تومان

**س5/** ما الطاقة الحركية العظمى للالكترون وما سرعته في انبوبة اشعة سينية تعمل بجهد (30kV)؟

الحل

$$V = 30kV = 30 \times 1000 = 3 \times 10^4 V$$

$$KE_{max} = eV = 1.6 \times 10^{-19} \times 3 \times 10^4 = 4.8 \times 10^{-15} J$$

$$KE_{max} = \frac{1}{2} m_e \upsilon_{max}^2 \Rightarrow \upsilon_{max}^2 = \frac{2KE_{max}}{m_2} = \frac{2 \times 4.8 \times 10^{-15}}{9.11 \times 10^{-31}} = \frac{9.6}{9.11} \times 10^{16} = 1.05 \times 10^{16}$$

$$\therefore \upsilon_{max} = 1.025 \times 10^8 m/s$$

**س6/** ما مقدار اعظم تردد لفوتون الاشعة السينية المتولد اذا سلط فرق جهد مقداره (40kV) على قطبي الأنبوبة؟

الحل

$$f_{max} = \frac{eV}{h} = \frac{1.6 \times 10^{-19} \times 40 \times 10^3}{6.63 \times 10^{-34}} = \frac{64}{6.63} \times 10^{18} = 9.653 \times 10^{18} Hz$$

**س7/** ما مقدار الزيادة الحاصلة في طول موجة الفوتون المستطار (في تاثير كومبتن) اذا استطار بزاوية (90°) مع العلم ان:

ثابت بلانك = $6.63 \times 10^{-34} J.s$

كتلة الالكترون = $9.11 \times 10^{-31} kg$

سرعة الضوء في الفراغ = $3 \times 10^8 m/s$

الحل

$$\lambda' - \lambda = \frac{h}{m_e c}(1 - \cos\theta) \Rightarrow \Delta\lambda = \frac{6.63 \times 10^{-34}}{9.11 \times 10^{-31} \times 3 \times 10^8}(1 - \cos 90°)$$

$$\therefore \Delta\lambda = 0.24 \times 10^{-11}(1 - 0) = 0.24 \times 10^{-11} m$$

**س8/** ما الفرق بين طاقة المستوي الارضي وطاقة المستوي الذي يليه (الاعلى منه) بوحدات (eV) لنظام ذري في حالة الاتزان الحراري اذا كانت درجة حرارة غرفة 16°C علما ان ثابت بولتزمان (k) يساوي $1.38 \times 10^{-23} J/°k$

الحل

$$T = C + 273 = 16 + 273 = 289°k$$

$$\Delta E = kT = 1.38 \times 10^{-23} \times 289 = 398.82 \times 10^{-23} J$$

$$\therefore \Delta E = \frac{398.82 \times 10^{-23}}{1.6 \times 10^{-19}} = 249.26 \times 10^{-4} eV$$

للسعيد محي تومان

**س9/** اذا كان الفرق بين مستوي الطاقة المستقر(الارضي) ومستوي الطاقة الذي يليه (الاعلى منه) يساوي (0.025eV) لنظام ذري في حالة الاتزان الحراري وعند درجة حرارة الغرفة ، جد حرارة تلك الغرفة بالمقياس السليزي . علما ان ثابت بولتزمان (k) يساوي $1.38\times10^{-23}J/^{o}k$.

**الحل**

$$\Delta E = kT \Rightarrow T = \frac{\Delta E}{k} = \frac{0.025\times1.6\times10^{-19}}{1.38\times10^{-23}} = \frac{0.025\times1.6\times10^{4}}{1.38} = 289.85 = 290°k$$

$$T = C + 273 \Rightarrow C = T - 273 = 290 - 273 = 17°C$$

## الواجبات

**مثال1/** ما تردد الفوتون المنبعث عند انتقال الكترون ذرة الهيدروجين من مستوي الطاقة $(E_5 = -0.54eV)$ إلى مستوي الطاقة $(E_3 = -1.51eV)$؟ (ج/ $0.234\times10^{15}Hz$)

**مثال2/** احسب الزخم الزاوي لالكترون ذرة الهيدروجين عندما يكون في المدار الرابع . (ج/ $4.2\times10^{-34}J.sec$)

**مثال3/** اصطدم الكترون بالهدف الفلزي في أنبوبة الأشعة السينية فولد أشعة سينية ترددها $(16\times10^{17}Hz)$ فما مقدار فرق الجهد المعجل؟ (ج/ 6630V)

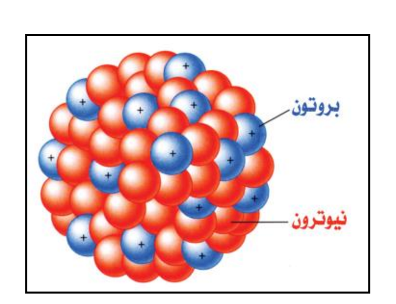
**مثال4/** ما اقصر طول موجي للأشعة السينية المتولدة من اصطدام الكترونات معجلة بفولطية (6.63KV)؟

**مثال5/** ما طول موجة الفوتون المستطار في تأثير كومبتن اذا كان طول موجة الفوتون الساقط (0.03nm) عندما يرتد الفوتون باتجاه معاكس لاتجاه سقوطه؟ (ج/ $\lambda' = 3.48\times10^{-11}m$)

**مثال6/** اذا كان مقدار الزيادة الحاصلة في طول موجة الفوتون المستطار (في تاثير كومبتن) يساوي $1.2\times10^{-12}m$ فما مقدار زاوية الاستطارة ؟ (ج/ $\theta = 60°$)

سعيد محي تومان

**س/ ما الفائدة العملية من الطاقة النووية؟**
**ج/ تستثمر للاغراض السلمية كما في تحويل الطاقة النووية الى طاقة كهربائية او لاغراض غير سلمية كما في انتاج الاسلحة النووية.**




## تركيب النواة وخصائصها:

**تتكون النواة من جسيمات البروتونات الموجبة الشحنة وجسيمات النيوترونات المتعادلة الشحنة (شحنة النيوترون تساوي صفر) ويطلق على كل منهما بالنيوكليونات او النوية وهذا يعني ان النواة تتكون من النيوكليونات . يرمز للبروتون ($^1_1H$) او (P) او ($^1_1P$) ويرمز للنيوترون بالرمز ($^1_0n$) او (n).**

**العدد الذري : هو عدد البروتونات في النواة ويكتب عادة يسار رمز العنصر (او رمز النواة) من الاسفل . ويرمز له بالرمز (Z).**

**العدد الكتلي : هو مجموع عدد البروتونات والنيوترونات في النواة ويكتب عادة يسار رمز العنصر (او رمز النواة (X)) الى الاعلى . ويرمز له بالرمز (A).**

- **ويمكن ايجاد العدد الكتلي او عدد الكتلة وفقا للعلاقة الاتية:**

$$A = Z + N$$

حيث :
A : يمثل العدد الكتلي والذي يسمى احيانا بعدد الكتلة والذي يكتب عادة يسار رمز النواة (X) الى الاعلى كما ذكرنا
Z : العدد الذري والذي يكتب يسار رمز النواة (X) من الاسفل .
N : العدد النيوتروني .

**العدد النيوتروني : هو عدد النيوترونات في النواة . ويرمز له بالرمز (N) ويساوي الفرق بين العدد الكتلي والعدد الذري .**
**أي ان :**

$$N = A - Z$$

لاحظ كيف يكتب كل من العدد الذري (Z) وعدد الكتلة (A) بالنسبة الى رمز النواة (X).

$$^A_Z X$$

**مثال / جد العدد الذري والعدد الكتلي والعدد النيوتروني للانوية :**

$^{27}_{13}Al$ , $^{25}_{12}mg$ , $^{56}_{26}Fe$

**ج/**

$^{27}_{13}Al: \quad Z = 13 , \quad A = 27 , \quad N = A - Z = 27 - 13 = 14$

$^{25}_{12}Mg : \quad Z = 12 , \quad A = 25 , \quad N = A - Z = 25 - 12 = 13$

$^{56}_{26}Fe : \quad Z = 26 , \quad A = 56 , \quad N = A - Z = 56 - 26 = 30$

**س/ ما المقصود بنظائر العنصر؟**
**ج/ هي نوى متساوية في العدد الذري وتختلف في عدد النيوترونات (او العدد الكتلي).**
مثال على ذلك لليثيوم ثلاثة نظائر هي ($^6_3Li, ^7_3Li, ^8_3Li$) لاحظ الشكل (6) في الكتاب.

## حساب الكتلة التقريبية للنواة :

ان الكتلة التقريبية للنواة ورمزها ( $\bar{m}$ ) هي نفسها العدد الكتلي مقاسا بوحدة تسمى وحدة الكتلة الذرية ورمزها (amu) واختصارا (u) بدلا من وحدة الكيلوغرام (kg) أي ان :

$$\bar{m} = A \times u$$

ويمكن ان تقاس الكتلة التقريبية بوحدة (kg) كذلك ، اما العلاقة بين (u) و (kg) فهي :

$$1amu = 1u = 1.66 \times 10^{-27}\, kg$$

**لذلك لتحويل كتلة النواة من (kg) الى (u) نقسم على $1.66\times10^{-27}$ وبالعكس نضرب المقدار في $1.66\times10^{-27}$ للتحويل من (u) الى (kg).**

**س/ لماذا تقاس كتل نوى الذرات بوحدة الكتلة الذرية بدلا من وحدة الكيلوغرام المتعارف عليها ؟**
ج/ لان الكتل الذرية والنووية صغيرة جدا وبالتالي فان وحدة الكيلوغرام تعد غير ملائمة لقياس هذه الكتل.
**س/ علامَ يعتمد وصف النواة كونها ثقيلة او متوسطة او خفيفة؟**
ج/ يعتمد على عددها الكتلي (او كتلتها) فيما اذا كان كبيرا او متوسطا او صغيرا على الترتيب.
س/ ما الفائدة العملية من جهاز مطياف الكتلة ؟
ج/ لقياس كتلة نواة الذرة .

- من الجدير بالذكر اننا عندما نتكلم عن كتل الذرات المتعادلة والنوى والجسيمات (مثل البروتون ، النيوترون ، جسيمة الفا ..... الخ) فان المقصود بها الكتل السكونية.
- تشكل كتلة النواة حوالي (99.9%) من كتلة الذرة.

## تكافؤ الكتلة والطاقة :

في الفيزياء النووية يعبر عن الكتلة بما يكافئها من طاقة حيث يمكن ايجاد الطاقة المكافئة للكتلة وذلك باستعمال علاقة اينشتاين المعروفة في تكافؤ الكتلة (m) مع الطاقة (E) وحسب العلاقة الاتية:

$$E = mc^2$$

وعندما تكون وحدة الكتلة هي الـ (u) فان وحدة الطاقة هي (MeV) وان ($c^2$=931MeV/u) ، اما عندما تكون وحدة الكتلة هي (kg) فان وحدة (E) هي الجول وان ($c^2=9\times10^{16} m^2/sec^2$) .
اما العلاقة بين (MeV) و (J) فهي :

$$1MeV = 1.6 \times 10^{-13}\, J$$

لذلك للتحويل من (MeV) الى (J) نضرب المقدار في ($1.6\times10^{-13}$J) وبالعكس للتحويل من (J) الى (MeV) نقسم المقدار على ($1.6\times10^{-13}$).

## حساب شحنة النواة :

ان شحنة النواة هي مجموع شحنة بروتوناتها لان النيوترونات متعادلة الشحنة (شحنة النيوترون تساوي صفر) وحيث ان شحنة كل بروتون من بروتونات النواة هي (+e) وان ($e=1.6\times10^{-19}$C) لذلك فان شحنة النواة هي عدد البروتونات في شحنة البروتون الواحد لذلك يعبر عن شحنة النواة ورمزها (q) كما يلي :

$$q = Ze$$

**مثال 1 (كتاب)/** جد مقدار شحنة نواة الذهب ( $^{198}_{79}Au$ ) مع العلم ان شحنة البروتون تساوي ($1.6\times10^{-19}C$).

**الحل**

$Z = 79$

$q = Ze = 79 \times 1.6 \times 10^{-19} = 126.4 \times 10^{-19} C$

## حساب نصف قطر النواة وحجمها وكثافتها :

**س/ كيف نستطيع ان نعرف نصف قطر النواة وحجمها؟**

**ج/ يمكن ذلك بطرائق وتجارب عدة وان اول تجربة لتقدير حجم النواة ونصف قطرها كانت قد اجريت من قبل العالم رذرفورد وذلك عن طريق استطارة جسيمات الفا من نوى ذرات الذهب فقد توصل من هذه التجربة والعديد من التجارب الاخرى بعدها الى ان معظم نوى الذرات هي ذوات شكل كروي تقريبا .**

- لقد وجد ان نصف قطر النواة (R) يتغير تغيرا طرديا مع الجذر التكعيبي للعدد الكتلي (A) ويمكن حساب نصف القطر وفقا للعلاقة الاتية:

$$R = r_o A^{\frac{1}{3}} \quad or \quad R = r_o \sqrt[3]{A}$$

حيث:

( $r_o$ ) هو مقدار ثابت يسمى ثابت نصف القطر ويساوي ($1.2\times10^{-15}m$) او ($1.2F$) أي ان ثابت نصف القطر ($r_o$) اما ان يقاس بوحدة المتر او يقاس بوحدة اخرى غير المتر تسمى الفيمتومتر او الفيرمي (Fermi) ورمزه (F) وان العلاقة بين (m) و (F) هي :

$$1F = 10^{-15} m$$

**لذلك للتحويل من (F) الى (m) نضرب المقدار في $10^{-15}$ وللتحويل من (m) الى (F) نقسم على $10^{-15}$ .**

وبذلك يمكن كتابة نصف القطر (R) بوحدة المتر (m) وبوحدة الفيرمي (F) وعلى الشكل الاتي:

$$R = \begin{cases} 1.2 \times 10^{-15} A^{\frac{1}{3}} & \text{بوحدة (m)} \\ 1.2 A^{\frac{1}{3}} & \text{بوحدة (F)} \end{cases}$$

**س/ علامَ يعتمد نصف قطر النواة ؟**

ج/ يعتمد على العدد الكتلي للنواة حيث يتناسب طرديا مع الجذر التكعيبي للعدد الكتلي ( $R \alpha \sqrt[3]{A}$ )

**س/ لماذا يقاس نصف قطر النواة بالفيرمي بدلا من المتر؟**

ج/ لان الابعاد النووية صغيرة جدا بحدود ($10^{-15}m$) لذلك وجد من المناسب استعمال وحدة للطول تسمى الفيمتومتر او الفيرمي.

**مثال2(كتاب)/** جد نصف قطر نواة النحاس ( $^{64}_{29}Cu$ ) بوحدة : (a) المتر (m) (b) الفيرمي (F).

الحل

$$a)\quad R = r_o\sqrt[3]{A} = 1.2\times10^{-15}\times\sqrt[3]{64} = 1.2\times10^{-15}\times4 = 4.8\times10^{-15}m$$

$$b)\quad R = \frac{4.8\times10^{-15}}{10^{-15}} = 4.8F$$

or

$$R = r_o\sqrt[3]{A} = 1.2\sqrt[3]{64} = 1.2\times4 = 4.8F$$

- وعلى اعتبار ان شكل النواة هو كروي نصف قطره (R) لذلك امكن ايجاد حجم النواة (V) وفقا العلاقات التالية:

$$V = \frac{4}{3}\pi R^3 \quad or \quad V = \frac{4}{3}\pi r_o^3 A$$

- اما لايجاد كثافة النواة التقريبية ( $\rho$ ) فنطبق العلاقة الاتية:

$$\rho = \frac{m^-}{V}$$

وقد عرفنا سابقا ان ( $m^-$ ) هي الكتلة التقريبية للنواة والتي تحسب طبقا للعلاقة الاتية :

$$m^- = A\times u$$

**ملاحظة/**
**لقد وجد ان كثافة النواة التقريبية تساوي حوالي ( $2.3\times10^{17}kg/m^3$ ) وبالمقارنة مع كثافة الماء التي تساوي ( $10^3kg/m^3$ ) فان كثافة النواة تساوي تقريبا ( $2.3\times10^{14}$ ) مرة بقدر كثافة الماء وهذه القيمة كبيرة جدا.**

**طاقة الربط (الارتباط) النووية ( $E_b$ ):**

**س/ كيف تحافظ النواة على تماسكها وترابطها ؟ وما هي القوة التي تربط وتمسك بنيوكليوناتها معا ؟ (او لماذا لا تتنافر البروتونات على الرغم من تشابهها بالشحنة ؟**

**ج/ وذلك بسبب وجود قوة تجاذب نووية قوية تربط وتمسك بنيوكليونات النواة وهذه القوة النووية (القوية) هي واحدة من القوى الاربعة الاساسية المعروفة في الطبيعة وهي الاقوى في الطبيعة.**

**س/ اذكر خواص القوة النووية .**

1- تربط وتمسك بنيوكليونات النواة
2- الاقوى في الطبيعة
3- قوة ذات مدى قصير.
4- لا تعتمد على الشحنة.

**س/ ما المقصود بطاقة الربط النووية؟**

**ج/ هي الطاقة المتحررة عند جمع اعداد مناسبة من البروتونات والنيوترونات لتشكيل نواة معينة (او هي الطاقة اللازمة لتفكيك النواة الى مكوناتها من البروتونات والنيوترونات).**

**انتبه:**

- ان كتلة النواة لا تساوي مجموع كتل مكوناتها من البروتونات والنيوترونات عندما تكون هذه الكتل منفصلة ، فهي دائما اقل من مجموع كتل مكوناتها من البروتونات والنيوترونات عندما تكون منفصلة.
- ان الفرق بالكتلة $(\Delta m)$ والذي يسمى عادة بالنقص الكتلي وجد انه يكافئ طاقة الربط النووية $(E_b)$ حسب علاقة اينشتاين والخاصة بتكافؤ (الكتلة – الطاقة) أي ان :

$$E_b = \Delta m c^2$$

وحدة طاقة الربط النووية $(E_b)$ هي $(MeV)$ عندما يكون النقص الكتلي $(\Delta m)$ بوحدة $(u)$ و $(c^2 = 931\frac{MeV}{u})$.

كذلك يمكن ان تقاس طاقة الربط النووية $(E_b)$ بالجول $(J)$ .

- **للتحويل من $(MeV)$ الى الجول $(J)$ نضرب المقدار في $(1.6\times10^{-13})$ وللتحويل من $(J)$ الى $(MeV)$ نقسم على $(1.6\times10^{-13})$.**

**مثال/** جد طاقة الربط النووية لنواة الديوترون $(^2_1H)$ عندما يكون النقص الكتلي $(0.002388u)$ .

**الحل/**

$$E_b = \Delta m c^2 = 0.002388\times931 = 2.223MeV$$

- من الناحية العملية فانه يكون اكثر مناسبا استعمال كتل الذرات بدلا من استعمال كتل النوى لذلك فان النقص الكتلي $(\Delta m)$ يعطى في هذه الحالة بالعلاقة الاتية :

$$\Delta m = ZM_H + Nm_n - M$$

حيث :

$Z$ : العدد الذري .
$M_H$ : كتلة ذرة الهيدروجين.
$N$ : العدد النيوتروني (او عدد النيوترونات).
$m_n$ : كتلة النيوترون.
$M$ : كتلة الذرة المعنية .

وبتعويض النقص الكتلي $(\Delta m)$ في طاقة الربط النووي للنواة $(E_b)$ تصبح معادلة طاقة الربط النووي بالشكل الاتي:

$$E_b = (ZM_H + Nm_n - M)c^2$$

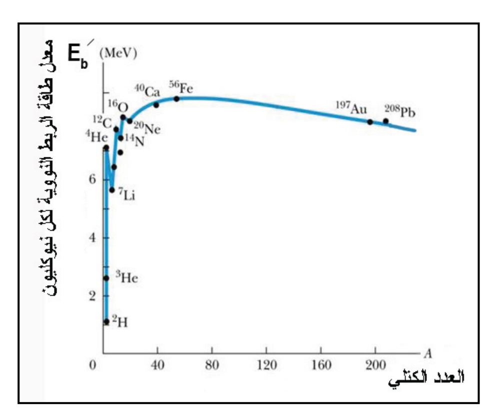
وبما ان الكتل الذرية تقاس بوحدة $(u)$ فان طاقة الربط النووي $(E_b)$ تقاس بوحدة $(MeV)$ اذ ان $(c^2 = 931\frac{MeV}{u})$.

**معدل (متوسط) طاقة الربط النووية لكل نيوكلون (او للنيوكليون) $(\bar{E}_b)$ :** هو حاصل قسمة طاقة الربط النووية $(E_b)$ على العدد الكتلي $(A)$.

أي ان :

$$E_b^- = \frac{E_b}{A}$$

وحدة ($E_b^-$) هي (MeV/nucleon) او (MeV).




- من الشكل (10) نلاحظ بان المنحني يكون بصورة عامة ثابت نسبيا باستثناء النوى الخفيفة مثل نواة الديوترون ($^2_1H$) والنواة الثقيلة مثل نواة الرصاص ($^{208}_{82}Pb$) . كما يلاحظ ان النوى المتوسطة تمتلك اكبر القيم الى ($E_b^-$) مثل نواة الحديد ($^{56}_{26}Fe$) وبذلك تكون النوى المتوسطة عادة هي الاكثر استقرارا .

س/ كيف تستطيع النوى الخفيفة والنوى الثقيلة ان تصبح اكثر استقرارا ؟
ج/ اذا وجد تفاعلا نوويا معينا يستطيع ان ينقلها الى منطقة النوى المتوسطة . او اذا توفرت نوى ثقيلة فتنشطر الى نوى متوسطة فتصبح اكثر استقرارا اما النوى الخفيفة تندمج لتكون نوى اثقل فتصبح اكثر استقرارا وبالحالتين تتحرر طاقة.

**مثال3(كتاب)/** جد طاقة الربط النووية لنواة النتروجين ($^{14}_{7}N$) بوحدة (MeV) . اذا علمت ان كتلة ذرة ($^{14}_{7}N$) تساوي (14.003074u) وكتلة ذرة الهيدروجين تساوي (1.007825u) وكتلة النيترون تساوي (1.008665u) . جد ايضا معدل طاقة الربط النووية لكل نيوكليون.

**الحل**

$$Z = 7 \quad , \quad A = 14 \quad , \quad N = A - Z = 14 - 7 = 7$$

$$E_b = (ZM_H + Nm_n - M)c^2 = (7 \times 1.007825 + 7 \times 1.008665 - 14.003074) \times 931$$

$$= 0.112356 \times 931 = 104.603 MeV$$

$$E_b^{'} = \frac{E_b}{A} = \frac{104.603}{14} = 7.472 MeV / nucleon$$

## الانحلال الإشعاعي :

س/ ما المقصود بالانحلال الاشعاعي ؟ وما انواعه الرئيسة ؟
ج/ الانحلال الاشعاعي : هو انحلال بعض نوى العناصر غير المستقرة (المشعة) لكي تكون مستقرة من خلال اشعاعها
انواعه : (1) انحلال الفا (2) انحلال بيتا (3) انحلال گاما.

### 1- انحلال الفا ($\alpha$):

س/ ما المقصود بجسيمة الفا؟ وكم يبلغ عددها الذري وعددها الكتلي؟
ج/ هي نواة ذرة الهيليوم وتتكون من بروتونين ونيوترونين وتمثل بالرمز ($^4_2He$) او ($\alpha$) وهي ذات شحنة موجبة تساوي ضعف شحنة البروتون (+2e).
عددها الذري اثنين وعددها الكتلي اربعة.
س/ متى تعاني النواة غير المستقرة انحلال الفا التلقائي؟
ج/ عندما تكون كتلة النواة وحجمها كبيرين نسبيا.

**س/ على ماذا يساعد النواة انبعاث جسيمة (دقيقة) الفا منها؟**
ج/ يساعدها على استقرارية اكبر عن طريق تقليص حجمها وكتلتها.
**س/ في انحلال الفا لماذا تتحول نواة العنصر الى نواة عنصر اخر؟**
ج/ وذلك بسبب تغير العدد الذري للنواة الام؟
**س/ ماذا يطلق على النواة الاصلية قبل الانحلال والنواة الناتجة بعد الانحلال ؟**
ج/ يطلق على النواة الاصلية قبل الانحلال مصطلح النواة الام اما النواة الناتجة بعد الانحلال فيطلق عليها مصطلح النواة الوليدة او البنت .

**المعادلة النووية لانحلال نواة تلقائيا بوساطة انحلال الفا :**

$$^{A}_{Z}X \rightarrow {}^{A-4}_{Z-2}y + {}^{4}_{2}He$$

(النواة الام) — (النواة الوليدة) — (جسيمة الفا)

**مثال/** نواة البلوتونيوم ( $^{240}_{94}Pu$ ) تنحل تلقائيا بوساطة انحلال الفا الى نواة اليورانيوم ( $^{236}_{92}U$ ) وجسيمة الفا (نواة الهيليوم) وكما يلي :

$$^{240}_{94}Pu \rightarrow {}^{236}_{92}U + {}^{4}_{2}He$$

- **لايجاد طاقة الانحلال لنواة تنحل بوساطة انحلال الفا نفرض ان كتلة النواة الام هي ($M_p$) (عادة ساكنة ابتدائيا) وكتلة النواة الوليدة هي ($M_d$) وكتلة جسيمة الفا هي ($M_\alpha$) فان طاقة انحلال الفا ($Q_\alpha$) تعطى وفق العلاقة التالية:**

$$Q_\alpha = [M_p - M_d - M_\alpha]c^2$$

**وعندما تقاس الكتل الذرية بوحدة (u) اذا ان ( $c^2 = 931\dfrac{MeV}{u}$ ) فان وحدة ($Q_\alpha$) هي (MeV).**
**وان شرط الانحلال التلقائي ان تكون قيمة ($Q_\alpha$) موجبة أي اكبر من الصفر.**

**ملاحظات/**
**1- ان جسيمة الفا (ذات الكتلة الاقل مقارنة بكتلة النواة الوليدة) سوف تمتلك سرعة وطاقة حركية اكبر من السرعة والطاقة الحركية للنواة الوليدة وذلك بحسب قانون حفظ (الطاقة – الكتلة) وقانون حفظ الزخم الخطي.**
**2- في حالة المعادلات النووية فانه يجب ان يكون مجموع الاعداد الذرية ومجموع الاعداد الكتلية متساويين في طرفي المعادلة النووية أي انها تكون موزونة.**

**مثال4(كتاب)/** برهن ان نواة الراديوم ( $^{226}_{88}Ra$ ) تحقق شرط الانحلال التلقائي الى نواة الرادون ( $^{222}_{86}Rn$ ) بوساطة انحلال الفا . اكتب ايضا المعادلة النووية للانحلال ، مع العلم ان الكتل الذرية لكل من :

$$^{226}_{88}Ra = 226.025406u$$
$$^{222}_{86}Rn = 222.017574u$$
$$^{4}_{2}He = 4.002603u$$

الحل

$$^{226}_{88}Ra \rightarrow {}^{222}_{86}Rn + {}^{4}_{2}He$$

$$Q_\alpha = [M_P - M_d - M_\alpha]c^2 = (226.025406 - 222.017574 - 4.002603) \times 931$$
$$= 5.229 \times 10^{-3} \times 931 = 4.868 MeV$$

بما ان ($Q_\alpha$) هي قيم موجبة لذلك فهي تحقق شرط الانحلال التلقائي.

سعيد محي تومان

## 2- انحلال بيتا (β) :

**س/ ما المقصود بانحلال بيتا ؟**
ج/ هو الانحلال الاشعاعي التلقائي الثاني الذي تستطيع خلاله بعض النوى الوصول الى حالة اكثر استقرارا.
**س/ ما الطرائق التي تنحل بها بعض النوى تلقائيا بانحلال بيتا؟**
ج/ (1) انبعاث جسيمة (دقيقة) بيتا السالبة (او الالكترون) وهي ذات شحنة سالبة وتسمى هذه العملية بانحلال بيتا السالبة.
(2) انبعاث جسيمة (دقيقة) بيتا الموجبة (او البوزترون) وهي ذات شحنة موجبة وتسمى هذه العملية بانحلال بيتا الموجبة.
(3) اسر (اقتناص) النواة لاحد الالكترونات الذرية المدارية الداخلية وتسمى هذه عملية الاسر الالكتروني.

- **جسيمة (دقيقة) بيتا السالبة (او الالكترون) يرمز لها بالرمز ($\beta^-$) او ( ${}_{-1}^{0}e$ ) وهي ذات شحنة سالبة (- e) .**

$${}_{Z}^{A}X \rightarrow {}_{Z+1}^{A}y + {}_{-1}^{0}e + {}_{0}^{0}\bar{\nu}$$

- **جسيمة (دقيقة) بيتا الموجبة (او البوزترون) يرمز لها بالرمز ($\beta^+$) او ( ${}_{+1}^{0}e$ ) وهي ذات شحنة موجبة (+e)**

$${}_{Z}^{A}X \rightarrow {}_{Z-1}^{A}y + {}_{+1}^{0}e + {}_{0}^{0}\nu$$

- **الاسر الالكتروني هو اقتناص النواة لاحد الالكترونات الذرية المدارية الداخلية**

$${}_{Z}^{A}X + {}_{-1}^{0}e \rightarrow {}_{Z-1}^{A}y + {}_{0}^{0}\nu$$

**س/ ما المقصود بالبوزترون؟**
**ج/ هو عبارة عن جسيم يمتلك جميع صفات الالكترون الا ان اشارة شحنته موجبة كما يطلق عليه ايضا مضاد الالكترون.**
**س/ ماذا يرافق انحلال ؟ (1) بيتا الموجبة . (2) بيتا السالبة.**
ج/ (1) انبعاث جسيم يسمى النيوترينو (شحنته وكتلته السكونية تساوي صفر) ويرمز له بالرمز ( $\nu$ ) او ( ${}_{0}^{0}\nu$ ) اذ ان العدد الذري والعدد الكتلي له يساويان صفر.
(2) انبعاث جسيم يسمى مضاد النيوترينو ويرمز له بالرمز ( $\bar{\nu}$ ) او ( ${}_{0}^{0}\bar{\nu}$ ) اذ ان العدد الذري والعدد الكتلي له يساويان صفر ايضا.
**س/ ما المقصود بـ (1) النيوترينو (2) مضاد النيوترينو**
ج/ (1) النيوترينو : هو جسيم يرافق انحلال بيتا الموجبة ويرمز له بالرمز ( $\nu$ ) او ( ${}_{0}^{0}\nu$ ) تكون شحنته وكتلته السكونية تساوي صفرا.
(2) مضاد النيوترينو : هو جسيم يرافق انحلال بيتا السالبة ويرمز له بالرمز ( $\bar{\nu}$ ) او ( ${}_{0}^{0}\bar{\nu}$ ) تكون شحنته وكتلته السكونية تساوي صفرا.
**س/ بما ان النواة اساسا لا تحتوي على البوزترونات فكيف يمكن لها ان تبعث بوزترونا ؟ وضح ذلك .**
ج/ عندما تبعث النواة البوزترون فهو نتاج انحلال احد بروتونات النواة الى نيوترون وبوزترون ونيوترينو.
ويعبر عن هذا الانحلال بالمعادلة النووية الاتية:

$${}_{1}^{1}P \rightarrow {}_{0}^{1}n + \beta^{+} + {}_{0}^{0}\nu \quad , \quad (\beta^{+} = {}_{+1}^{0}e)$$

ويحدث هذا الانحلال بسبب ان نسبة عدد نيوترونات الى عدد بروتونات النواة اصغر من النسبة اللازمة لاستقرارها.

س/ ما سبب حدوث ؟ (1) انحلال بيتا السالبة . (2) انحلال بيتا الموجبة
ج/ (1) بسبب ان نسبة عدد النيوترونات الى عدد بروتونات النواة هي اكبر من النسبة اللازمة لاستقرارها .
(2) بسبب ان نسبة عدد نيوترونات الى عدد بروتونات النواة هي اصغر من النسبة اللازمة لاستقرارها.

- **بعض الامثلة لثلاث معادلات نووية لنوى تتحل تلقائيا بوساطة انحلال بيتا:**

$^{64}_{29}Cu \rightarrow {}^{64}_{30}Zn + \beta^- + \bar{\nu}$ (انحلال بيتا السالبة)

$^{13}_{7}N \rightarrow {}^{13}_{6}C + \beta^+ + \nu$ (انحلال بيتا الموجبة)

$^{41}_{20}Ca + {}^{0}_{-1}e \rightarrow {}^{41}_{19}K + \nu$ (الاسر الالكتروني)

**تذكر :**

- ينتج من انحلال احد بروتونات النواة كل من النيوترون ($^{1}_{0}n$) والبوزترون ($^{0}_{+1}e$) والنيوترينو ($^{0}_{0}\nu$) .
- ينتج من انحلال احد نيوترونات النواة كل من البروتون ($^{1}_{1}P$) والالكترون ($^{0}_{-1}e$) ومضاد النيوترينو ($^{0}_{0}\bar{\nu}$) .

## 3- انحلال كَاما ($\gamma$) :

**س/ ما المقصود بانحلال كَاما ؟ وهل يرافق هذا الانحلال تغيرا في تركيب النواة ؟**
ج/ انحلال كَاما : هو وصول النوى الى حالة اكثر استقرارا بانبعاث اشعة كَاما عندما تتخلص بعض النوى من الطاقة الفائضة لديها .
كلا . وذلك لان الكتلة السكونية والشحنة لاشعة كَاما تساوي صفر أي ان العدد الذري والعدد الكتلي لهذه الاشعة يساوي صفر.

**س/ غالبا ما تترك بعض النوى في حالة (او مستو) اثارة أي لديها طاقة فائضة وذلك بعد معاناتها انحلال الفا او انحلال بيتا ، فكيف يمكن لمثل هذه النوى تلقائيا ان تصل الى حالة اكثر استقرار؟**

**ج/ يمكن لمثل هذه النوى ان تتخلص من الطاقة الفائضة بانحلال كَاما (وهو الانحلال الاشعاعي التلقائي الثالث) والوصول الى حالة اكثر استقرارا وذلك بانبعاث اشعة كَاما فلو ان النواة انتقلت من مستو طاقة عال الى مستو طاقة منخفض فان اشعة كَاما (فوتون) سوف ينبعث وتكون طاقة الفوتون تساوي فرق الطاقة بين المستويين.**

**س/ ما المقصود باشعة كَاما ؟**
ج/ هي اشعة كهرومغناطيسية (فوتونات) ذات طاقة عالية او تردد عالٍ كتلتها السكونية وشحنتها تساوي صفرا ويرمز لها بالرمز ($\gamma$) او ($^{0}_{0}\gamma$) .

- المعادلة النووية العامة لنواة تعاني انحلال كَاما :

| $^{240}_{94}X^*$ | $\rightarrow$ | $^{240}_{94}X$ | + | $^{0}_{0}\gamma$ |
|---|---|---|---|---|
| (النواة الام) المتهيجة | | (النواة الوليدة) | | (اشعة كَاما) |

**(اشارة النجمة (*) تبين ان النواة هي في حالة اثارة او تهيج).**

**المعادلة التالية تبين نواة تعاني انحلال كَاما :**

$$^{240}_{94}Pu^* \rightarrow {}^{240}_{94}Pu + {}^{0}_{0}\gamma$$

- يمكن التعبير عن علاقة طاقة اشعة كَاما او طاقة الفوتون (E) بالتردد (f) كما يأتي:

$$E = hf \quad \text{or} \quad E = \frac{hc}{\lambda}$$

حيث :
h : ثابت بلانك $(h=6.63\times10^{-34} J.s)$.
c : سرعة الضوء في الفراغ $(c=3\times10^{8} m/s)$.
λ : طول موجة الفوتون.

**لاحظ الجدول التالي :**

| الدقيقة او الجسيم | الرمز | الشحنة | العدد الذري (Z) | العدد الكتلي (A) |
|---|---|---|---|---|
| البروتون | $({}^{1}_{1}H)$ او $(P)$ او $({}^{1}_{1}P)$ | موجب | واحد | واحد |
| النيوترون | $({}^{1}_{0}n)$ او $(n)$ | صفر (متعادل) | صفر | واحد |
| الفا | $({}^{4}_{2}He)$ او $(\alpha)$ | موجبة | بروتونين | اربعة |
| بيتا السالبة (او الالكترون) | $(\beta^{-})$ او $({}^{0}_{-1}e)$ | شحنة سالبة (e -) | صفر | صفر |
| بيتا الموجبة (او البوزترون) مضاد الالكترون | $(\beta^{+})$ او $({}^{0}_{+1}e)$ | شحنة موجبة (e +) | صفر | صفر |
| النيوترينو | $(\nu)$ او $({}^{0}_{0}\nu)$ | صفر | صفر | صفر |
| مضاد النيوترينو | $(\bar{\nu})$ او $({}^{0}_{0}\bar{\nu})$ | صفر | صفر | صفر |
| كَاما | $(\gamma)$ او $({}^{0}_{0}\gamma)$ | صفر | صفر | صفر |

**س/ ما الذي يفعله في قيم العدد الكتلي والعدد الذري للنواة الام ؟**
**(1) انحلال الفا (2) انحلال بيتا السالبة (3) انحلال بيتا الموجبة (4) الاسر الالكتروني (5) انحلال كَاما**

ج/ (1) في انحلال الفا العدد الكتلي ينقص بمقدار اربعة والعدد الذري ينقص اثنين.
(2) في انحلال بيتا السالبة فان العدد الكتلي للنواة الام يبقى نفسه (لا يتغير) والعدد الذري يزداد بمقدار واحد.
(3) في انحلال بيتا الموجبة العدد الكتلي يبقى ثابتا والعدد الذري ينقص بمقدار واحد.
(4) في الاسر الالكتروني فان العدد الكتلي يبقى ثابتا والعدد الذري ينقص بمقدار واحد.
(5) في انحلال كَاما العدد الكتلي يبقى ثابتا والعدد الذري يبقى ثابتا.

**التفاعلات النووية:**

- لاحظنا ان تركيب النواة يتغير عندما تعاني النواة انحلالا اشعاعيا تلقائيا بوساطة انحلال الفا او انحلال بيتا وحسب المعادلات السابقة.
- كذلك يتغير تركيب النواة عند قذفها بجسيمات نووية ذات طاقة معينة حيث اول من برهن على حدوث هذا التفاعل النووي المحتث (الاصطناعي) هو العالم رذرفورد وبحسب معادلة التفاعل النووي الاتية :

$${}^{4}_{2}He + {}^{14}_{7}N \rightarrow {}^{17}_{8}O + {}^{1}_{1}H$$

(جسيمة الفا) (نواة النيتروجين) (نواة الاوكسجين) (بروتون)

- في المعادلات النووية يجب ان يكون مجموع الاعداد الذرية ومجموع الاعداد الكتلية في طرفي المعادلة النووية متساويين ، أي ان المعادلة النووية يجب ان تكون موزونة.

**س/ ما المقصود بالتفاعل النووي ؟**
**ج/ هو ذلك التفاعل الذي يحدث تغييرا في خصائص وتركيب النواة.**
فمثلا عند قذف (قصف) نواة النيتروجين ( $^{14}_{7}N$ ) بوساطة جسيم النيوترون ( $^{1}_{0}n$ ) فانه يمكن الحصول على الكاربون ( $^{14}_{6}C$ ) وجسيم البروتون ( $^{1}_{1}H$ ).

## طاقة التفاعل النووي :

**س/ كيف يمكن ايجاد طاقة التفاعل النووي بصورة عامة؟ معززا اجابتك بالمعادلة النووية.**
**ج/ يمكن ذلك اذا افترضنا ان تفاعلا نوويا تقذف فيه النواة الهدف (X) (عادة ساكنة ابتدائيا) والتي كتلتها ($M_x$) بالجسيم الساقط (المقذوف) (a) والذي كتلته ($M_a$) لينتج نواة (Y) والتي كتلتها ($M_y$) والجسيم (b) الذي كتلته ($M_b$).**
**يمكن التعبير عن هذا التفاعل النووي بالمعادلة النووية الآتية :**

| a | + | X | → | Y | + | b |
|---|---|---|---|---|---|---|
| (الجسيم المقذوف او الساقط) | | (النواة الهدف) | | (النواة الناتجة) | | (الجسيم الناتج) |

**ان قيمة طاقة التفاعل النووي (Q) يمكن ايجادها من العلاقة الاتية:**

$$Q = [(M_a + M_b) - (M_y + M_b)]c^2$$

or

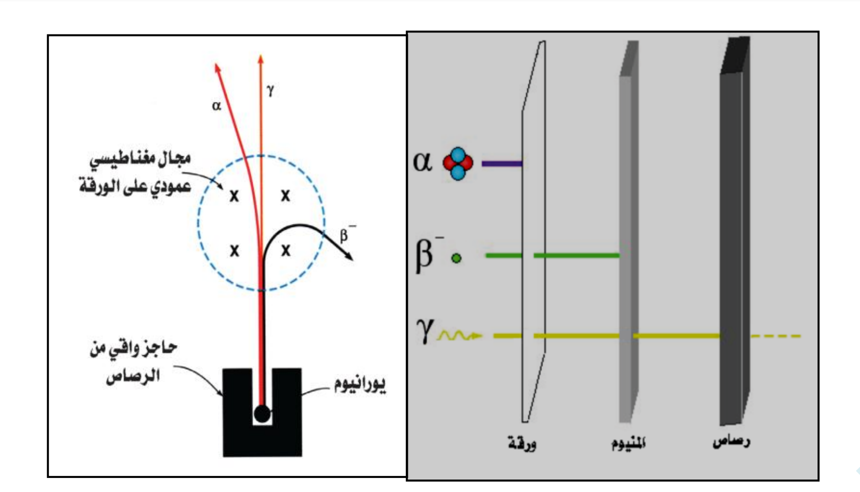
$$Q = [M_a + M_b - M_y - M_b]c^2$$

وعندما تقاس الكتل الذرية بوحدة (u) فان ( $c^2 = 931\frac{MeV}{u}$ ) وتكون وحدة طاقة التفاعل النووي (Q) هي (MeV).

**س/ ماذا يسمى التفاعل النووي اذا كانت : 1- قيمة (Q) موجبة ، (Q >0) 2- قيمة (Q) سالبة ، (Q <0)**
ج/ 1- يسمى التفاعل النووي بالتفاعل المحرر للطاقة .
2- يسمى التفاعل النووي بالتفاعل الماص للطاقة .

**س/ لماذا يستطيع النيوترون الدخول الى النواة بسهولة جدا اكثر بكثير من جسيمات الفا او البروتونات؟**
ج/ وذلك لان شحنته تساوي صفر لذلك تنعدم قوة كولوم الكهربائية التنافرية بينه وبين النواة.

**س/ قارن بين جسيمات الفا وجسيمات بيتا السالبة واشعة كَاما من حيث :**
**(1) قدرتها على تاين المواد . (2) قدرتها على اختراق المواد . (3) التأثر بالمجال الكهربائي اوالمغناطيسي**
ج/ (1) ان جسيمات الفا لها القدرة الاكبر على تأين المواد تليها جسيمات بيتا السالبة والاقل منهما قدرة هي اشعة كَاما.
(2) ان اشعة كاما لها القدرة الاكبر على اختراق المواد تليها جسيمات بيتا السالبة والاقل منهما قدرة هي جسيمات الفا (فهي عادة لا تخترق الملابس وجلد الانسان).
(3) تتاثر جسيمات الفا بالمجال الكهربائي او المجال المغناطيسي وتنحرف باتجاه يدل على انها موجبة الشحنة وتتاثر جسيمات بيتا السالبة وتنحرف باتجاه يدل على انها سالبة الشحنة ولا تنحرف اشعة كَاما بتاثير المجال الكهربائي او المجال المغناطيسي .




**س/ علامَ يدل ؟**

**(1) انحراف جسيمات الفا باتجاه معين بتاثير مجال كهربائي او مجال مغناطيسي؟**

**(2) انحراف جسيمات بيتا السالبة باتجاه معين بتاثير مجال كهربائي او مجال مغناطيسي؟**

**(3) عدم انحراف اشعة كِاما بتاثير المجال الكهربائي او المجال المغناطيسي؟**

ج/ (1) يدل على انها موجبة الشحنة. (2) يدل على انها سالبة الشحنة.

(3) يدل على انها غير مشحونة (او شحنتها تساوي صفر).

## مخاطر وفوائد الإشعاع النووي:

قد نستغرب اذا علمنا اننا جميعا نتعرض الى الاشعاعات النووية في كل لحظة من حياتنا ولكن من اين تاتي هذه الاشعاعات النووية التي نتعرض لها والجواب الاكيد هو من البيئة التي نعيش فيها.

**س/ اذكر مصادر الاشعاع النووي ؟**

ج/ (1) مصادر الاشعاع النووي الخلفي الطبيعي . (2) مصادر الاشعاع النووي الاصطناعي.

**س/ تقسم مصادر الاشعاع النووي الى مصدرين رئيسيين ، ما هما؟**

1- **مصادر الاشعاع النووي الخلفي الطبيعي** : وتشتمل على الاشعة الكونية والاشعاع النووي من القشرة الارضية وكذلك النشاط الاشعاعي في جسم الانسان.

2- **مصادر الاشعاع النووي الاصطناعي** : ومنها المصادر النووية المشعة المستعملة في الطب لغرض التشخيص والعلاج والنفايات النووية المشعة والغبار النووي المتساقط من اختبارات الاسلحة النووية واستعمال المصادر النووية المشعة في البحوث والدراسات.

**س/ علامَ تعتمد درجة ونوع الضرر الذي يسببه الاشعاع النووي؟**

ج/ تعتمد على :

1- نوع الاشعاع 2- طاقة الاشعاع 3- العضو المعرض لهذا الاشعاع.

**س/ وضح اهم الاستعمالات المفيدة والسلمية للاشعاع النووي والطاقة النووية؟**

a - **في المجال الطبي** : في القضاء على الفيروسات وفي تعقيم بعض المستلزمات الطبية.

b- **في المجال الزراعي** : في دراسة فسلجة النبات وتغذيته وفي حفظ المواد الغذائية.

c- **في المجال الصناعي** : في تسيير المركبات الفضائية وفي تسيير السفن البحرية والغواصات .

## قوانين الفصل الثامن

$^{A}_{Z}X$ , $A = Z + N$ , $m' = Au$ , $E = mc^2$ , $q = Ze$ , $R = r_o \sqrt[3]{A}$ or $R = r_o A^{\frac{1}{3}}$

$V = \frac{4}{3}\pi R^3$ or $V = \frac{4}{3}\pi r_o^3 A$ , $\rho = \frac{m'}{V}$

$E_b = \Delta m c^2$ or $E_b = (ZM_H + Nm_n - M)c^2$ , $\Delta m = ZM_H + Nm_n - M$ , $E'_b = \frac{E_b}{A}$

$E = hf$ or $E = \frac{hc}{\lambda}$ , $c = f\lambda$

$Q_\alpha = (M_p - M_d - M_\alpha)c^2$ , $Q = (M_a + M_x - M_y - M_b)c^2$

التحويلات :

$1u = 1.66 \times 10^{-27kg}$ , $1MeV = 1.6 \times 10^{-13} J$ , $1F = 10^{-15} m$

## أسئلة الفصل الثامن

**س1/ اختر العبارة الصحيحة لكل مما ياتي:**

**1- نصف قطر النواة (R) يتغير تغيرا :**

a- ***طرديا مع*** $A^{\frac{1}{3}}$ .    b- عكسيا مع $A^{\frac{1}{3}}$    c- طرديا مع $(A^3)$    d- عكسيا مع $(A^3)$.

**2- تكون قيم معدل طاقة الربط النووية لكل نيوكليون :**

a- اكبر لنوى العناصر الخفيفة.    b- اكبر لنوى العناصر الثقيلة

c- متساوية لجميع نوى العناصر.    d- ***اكبر لنوى العناصر المتوسطة.***

**3- كل مما يلي من خصائص القوة النووية ما عدا انها:**

a- تربط وتمسك بنيوكليونات النواة.    b- لا تعتمد على الشحنة.

c- ***ذات مدى طويل جدا.***    d- الاقوى في الطبيعة.

**4- تتحل نواة نظير البولونيوم $(^{218}_{84}Po)$ تلقائيا الى نواة نظير الرصاص $(^{214}_{82}Pb)$ بوساطة انحلال:**

a- گاما    b- بيتا السالبة    c- بيتا الموجبة    d- ***الفا.***

**5- عندما تعاني نواة تلقائيا انحلال بيتا الموجبة فان عددها الذري:**

a- يزداد بمقدار واحد    b- ***يقل بمقدار واحد***    c- يقل بمقدار اربعة .    d- لا يتغير.

**6- في التفاعل النووي التالي:**

$^{4}_{2}He + ^{9}_{4}Be \rightarrow ^{A}_{6}C + ^{1}_{0}n$

تكون قيمة العدد (A) هي:

a- 13    b- ***12***    c- 5    d- 6

**7- من مصادر الاشعاع النووي الخلفي الطبيعي هي:**

a- الغبار المتساقط من اختبارات الاسلحة النووية.    b- ***الاشعة الكونية.***

c- الاشعاعات النووية المنتجة من المفاعلات النووية.    d- ولا واحدة منها.

**س2/ ما المقصود بكل مما ياتي:**

**البوزترون ، طاقة الربط النووية ، مضاد النيوترينو ، النيوترينو**

**ج/ في الملزمة.**

س3/ ما الجسيم الذي:
a- عدده الكتلي يساوي واحد وعدده الذري يساوي صفر.
ج/ النيوترون $({}_0^1n)$.
b- يطلق عليه مضاد الالكترون.
ج/ البوزترون $(\beta^+)$ او $({}_{+1}^{0}e)$.
c- يرافق الالكترون في انحلال بيتا السالبة التلقائي.
ج/ مضاد النيوترينو $(\bar{\nu})$ او $({}_0^0\bar{\nu})$.
d- يرافق البوزترون في انحلال بيتا الموجبة التلقائي.
ج/ النيوترينو $(\nu)$ او $({}_0^0\nu)$.
س4/ ما هو الشرط اللازم لنواة تنحل تلقائيا بوساطة انحلال الفا؟
ج/ ان تكون قيمة طاقة الانحلال $(Q_\alpha)$ موجبة ، أي ان $(Q_\alpha > 0)$.
س5/ علل ما يأتي:
a- تنبعث اشعة كَاما تلقائيا من نوى بعض العناصر المشعة.
ج/ غالبا ما تترك بعض النوى في حالة (او مستو) اثارة أي لديها طاقة فائضة وذلك بعد معاناتها انحلال الفا او انحلال بيتا حيث يمكن لمثل هذه النوى ان تتخلص من الطاقة الفائضة بانحلال كَاما التلقائي والوصول الى حالة اكثر استقرارا وذلك بانبعاث اشعة كَاما.
b- تُعد النيوترونات قذائف مهمة في التفاعلات النووية.
ج/ وذلك لان شحنة النيوترون تساوي صفرا وهو بذلك يستطيع ان يدخل الى النواة بسهولة جدا (اكثر بكثير من جسيمات الفا او البروتونات مثلا) وذلك لعدم وجود قوة كولوم الكهربائية التنافرية بينه وبين النواة.
س6/ ما الطرائق التي تنحل بها بعض النوى تلقائيا بانحلال بيتا؟
1- انبعاث جسيمة بيتا السالبة (الالكترون) .
2- انبعاث جسيمة بيتا الموجبة (البوزترون) .
3- عملية الاسر الالكتروني .
س7/ بما ان النواة اساسا لا تحتوي الالكترونات فكيف يمكن للنواة ان تبعث الكترونا؟وضح ذلك.
ج/ عندما تبعث النواة الالكترون فهو نتاج انحلال احد نيوترونات النواة الى بروتون والكترون ومضاد النيوترينو.
ويعبر عن هذا الانحلال بالمعادلة النووية الاتية:

$${}_0^1n \to {}_1^1P + \beta^- + {}_0^0\bar{\nu} \quad , \quad (\beta^- = {}_{-1}^{0}e)$$

ويحدث هذا الانحلال بسبب ان نسبة عدد نيوترونات الى عدد بروتونات النواة هي اكثر من النسبة اللازمة لاستقرارها.
س8/ ما قوانين الحفظ التي يجب ان تتحقق في التفاعلات النووية؟
a- قانون حفظ (الطاقة – الكتلة).
b- قانون حفظ الزخم النسبي.
c- قانون حفظ الزخم الزاوي.
d- قانون حفظ الشحنة (او قانون حفظ العدد الذري).
e- قانون حفظ عدد النيوكليونات (او قانون حفظ العدد الكتلي).

**س9/ نواة اليورانيوم ( $^{238}_{92}U$ ) انحلت بوساطة انحلال الفا التلقائي فتحولت الى نواة الثوريوم (Th) . ثم انحلت نواة الثوريوم بوساطة انحلال بيتا السالبة التلقائي وتحولت الى نواة (X) . ثم انحلت نواة (X) بوساطة انحلال بيتا السالبة التلقائي وتحولت الى نواة ( $X'$ ).**

**a- اكتب المعادلات النووية الثلاث لهذه الانحلالات النووية بالتسلسل.**

ج/

$$^{238}_{92}U \rightarrow ^{234}_{90}Th + ^{4}_{2}He \quad .......... 1$$

$$^{234}_{90}Th \rightarrow ^{234}_{91}X + ^{0}_{-1}e + ^{0}_{0}\bar{\nu} \quad ......... 2$$

$$^{234}_{91}X \rightarrow ^{234}_{92}X' + ^{0}_{-1}e + ^{0}_{0}\bar{\nu} \quad .......... 3$$

**b- حدد اسم النواة ( $X'$ ).**

ج/ بما ان للنواة ( $^{234}_{92}X'$ ) العدد الذري (92) وهو نفس العدد الذري لنواة اليورانيوم ( $^{238}_{92}U$ ) ، نستنتج ان النواة ( $^{234}_{92}X'$ ) هي نظير لنواة اليورانيوم ( $^{238}_{92}U$ ) أي ان: $^{234}_{92}X' = ^{234}_{92}U$

اذن اسم النواة $X'$ هي نواة اليورانيوم $^{234}_{92}U$ .

**س10/ ما تاثير ومخاطر الاشعاع النووي في جسم الانسان؟ وضح ذلك.**

ج/ تعتمد درجة ونوع الضرر الذي يسببه الاشعاع النووي على عدة عوامل منها نوع الاشعاع (كاشعة كاما او جسيمات الفا ...الخ) وطاقة هذا الاشعاع والعضو الذي يتعرض لهذا الاشعاع (كبد او عظم او عين .....الخ) ، اذ ينتج التلف الاشعاعي في جسم الانسان من تاثير التاين في خلايا الجسم المختلفة ويؤدي الضرر في خلايا الجسم الاعتيادية الى تاثيرات مبكرة مثل التهاب الجلد او تاثيرات متاخرة مثل مرض السرطان (تاثيرات جسدية) . اما الاضرار التي تحدث في الخلايا التناسلية فيمكن ان تؤدي الى حدوث ولادات مشوهة ويمكن ان ينتقل الضرر الى الاجيال اللاحقة (تاثيرات وراثية).

**س11/ ما الاجراء الاحترازي اللازم اتخاذه لكي نقي انفسنا من مخاطر الاشعاع النووي الخارجي الذي قد يمكن ان نتعرض له اضطراريا؟ وضح ذلك.**

ج/ وجوب تجنب التعرض للاشعاعات النووية اساسا وفي حالة التعرض لمثل هذه الاشعاعات اضطراريا يجب علينا:

a- تقليل زمن التعرض للاشعاع النووي الى اقل ما يمكن.

b- الابتعاد عن مصدر الاشعاع النووي اكثر ما يمكن.

c- استعمال الحواجز الواقية والملائمة (درع) بين الانسان ومصدر الاشعاع النووي (استعمال مادة الرصاص مثلا).

## مسائل الفصل العاشر

### استفد

كتلة ذرة الهيدروجين ($^{1}_{1}H$) = 1.007825u.
كتلة ذرة الهيليوم ($^{4}_{2}He$) = 4.002603u
كتلة النيوترون = 1.008665u
$1u=1.66\times10^{-27}k$ , $h=6.63\times10^{-34}J.s$ , $c=3\times10^{8}m/s$ , $e=1.6\times10^{-19}C$ , $1eV=1.6\times10^{-19}J$

**س1/** للنواة ($^{56}_{26}Fe$) جد:
a- مقدار شحنة النواة.
b- نصف قطر النواة مقدرا بوحدة (m) اولا ، وبوحدة (F) ثانيا.
c- حجم النواة مقدرا بوحدة ($m^3$).
مع العلم ان ($\sqrt[3]{7}=1.913$).

**الحل**

$Z=26 \quad , \quad A=56$

a) $q=Ze=26\times1.6\times10^{-19}=41.6\times10^{-19}C$

b)

اولا :

$$R=r_o\sqrt[3]{A}=1.2\times10^{-15}\sqrt[3]{56}=1.2\times10^{-15}\sqrt[3]{8\times7}=1.2\times10^{-15}\times2\times\sqrt[3]{7}$$
$$=2.4\times10^{-15}\times1.913=4.59\times10^{-15}m^3$$

ثانيا :

$$R=\frac{4.59\times10^{-15}}{10^{-15}}=4.59F$$

c) $V=\frac{4}{3}\pi R^3=\frac{4}{3}\pi(4.59\times10^{-15})^3=\frac{4}{3}\times3.14\times96.7\times10^{-45}=404.85m^3$

**س2/** اذا علمت ان نصف قطر نواة البولونيوم ($^{216}_{84}Po$) يساوي ضعف نصف قطر نواة مجهولة (X) . جد العدد الكتلي للنواة المجهولة؟

**الحل**

$$R_{Po}=2R_X \Rightarrow r_o\sqrt[3]{A_{Po}}=2r_o\sqrt[3]{A_X} \Rightarrow A_{Po}=8A_X \Rightarrow 216=8A_X$$

$$\therefore A_X=\frac{216}{8}=27$$

**س3/** جد طاقة الربط النووية لنواة ($^{126}_{52}Te$) مقدرة بوحدة (MeV) اولا ، وبوحدة (J) ثانيا . اذا علمت ان كتلة ذرة ($^{126}_{52}Te$) تساوي (125.903322u).

**الحل**

$$Z=52 \ , \ A=126 \ , \ N=A-Z=126-52=74$$

اولا :

$$E_b=(ZM_H+Nm_n-M)c^2=(52\times1.007825+74\times1.008665-125.903322)\times931$$
$$=(52.4069+74.64121-125.903322)\times931=1.144788\times931=1065.798MeV$$

ثنيا :

$$E_b=1065.798\times1.6\times10^{-13}=1705.277\times10^{-13}J$$

**س4/** للنواة ($^{12}_{6}C$) جد:

a- النقص الكتلي مقدرا بوحدة (u).
b- طاقة الربط النووية مقدرة بوحدة (MeV).
c- معدل طاقة الربط النووية لكل نيوكليون مقدرة بوحدة (MeV).
مع العلم ان كتلة ذرة ($^{12}_{6}C$) تساوي (12u).

**الحل**

$$Z=6 \ , \ A=12 \ , \ N=A-Z=12-6=6$$

$$a-\ \Delta m=ZM_H+Nm_n-M=6\times1.007825+6\times1.1008665-12=6.04695+6.05199-12$$
$$=0.09894u$$

$$b-\ E_b=\Delta mc^2=0.09894\times931=92.113MeV$$

$$c-\ E_b^{'}=\frac{E_b}{A}=\frac{92.113}{12}=7.676MeV$$

**س5/** برهن ان نواة البلوتونيوم ($^{236}_{94}Pu$) تحقق شرط الانحلال التلقائي الى نواة اليورانيوم ($^{232}_{92}U$) بوساطة انحلال الفا . اكتب المعادلة النووية للانحلال . مع العلم ان الكتل الذرية لكل من:

$$^{236}_{94}Pu=236.046071u \ , \ ^{232}_{92}U=232.037168u$$

**الحل**

المعادلة النووية للانحلال هي :

$$^{236}_{94}Pu \rightarrow \ ^{232}_{92}U + \ ^{4}_{2}He$$

النواة الام — النواة الوليدة — جسيمة الفا

$$Q_\alpha=[M_P-M_d-M_\alpha]c^2=[236.046071-232.037168-4.002603]\times931$$
$$=(4.008903-4.002603)\times931=0.0063\times931=5.865MeV$$

بما ان قيمة $Q_\alpha$ هي قيمة موجبة أي ان ($Q_\alpha>0$) لذلك تحقق شرط الانحلال التلقائي.

**س6/** حدث تفاعل نووي بين جسيم ساقط ونواة البريليوم ( $^{9}_{4}Be$ ) الساكنة ونتج عن هذا التفاعل جسيم النيوترون ونواة الكاربون ( $^{12}_{6}C$ ) .

a- عبر عن هذا التفاعل بمعادلة تفاعل نووي ومنها حدد اسم الجسيم الساقط.

b- جد طاقة التفاعل النووي مقدرة بوحدة (MeV).

c- ما نوع هذا التفاعل النووي؟

مع العلم ان الكتل الذرية لكل من :

$$^{9}_{4}Be = 9.012186u \quad , \quad ^{12}_{6}C = 12u$$

**الحل**

a –

$$^{A}_{Z}a + ^{9}_{4}Be \rightarrow ^{12}_{6}C + ^{1}_{0}n$$

$$Z + 4 = 6 \Rightarrow Z = 2 \quad , \quad A + 9 = 13 \Rightarrow A = 4$$

∴ الجسيم هو هيليوم ( $^{4}_{2}He$ )

$$^{4}_{2}He + ^{9}_{4}Be \rightarrow ^{12}_{6}C + ^{1}_{0}n$$

$$M_a \quad M_X \quad M_Y \quad M$$

$$b - \; Q = (M_a + M_X - M_Y - M_b)c^2 = (4.002603 + 9.012186 - 12 - 1.008665) \times 931$$

$$= (13.014789 - 13.008665) \times 931 = 0.006124 \times 931 = 5.701MeV$$

c-

بما ان (Q) موجب لذلك فالتفاعل هو من نوع المحرر للطاقة.

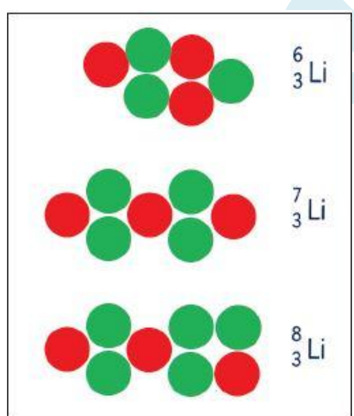
## حلول فكر (الفصل العاشر : الفيزياء النووية)

**فكر/ ص 287**

هل تستطيع ان تميز اللون الذي يمثل البروتون واللون الذي يمثل النيوترون في الشكل (6) ؟

**الجواب/**

في هذا الشكل نجد ثلاث نظائر لليثيوم هي ( $Li^{6}_{3}$ , $Li^{7}_{3}$ , $Li^{8}_{3}$ ) وبما ان العدد الذري (عدد البروتونات) هو نفسه لجميع النظائر وهو (3) فان العدد النيوتروني (عدد النيوترونات) لكل نظير ووفقا للعلاقة ( $N=A - Z$ ) هو على الترتيب (5 , 4 , 3) وبالتالي فان اللون الذي يميز البروتون هو اللون الاحمر واللون الذي يميز النيوترون هو اللون الاخضر.



**فكر/ ص296**

من ملاحظة امثلة المعادلات النووية الثلاث المجاورة لنوى تنحل تلقائيا بوساطة انحلال بيتا ، هل تستطيع ان تعرف ما يفعله انحلال كل من بيتا السالبة وبيتا الموجبة والاسر الالكتروني في قيم العدد الكتلي والعدد الذري للنواة الام؟

$^{64}_{29}Cu \rightarrow ^{64}_{30}Zn + \beta^- + \bar{\nu}$ (انحلال بيتا السالبة)

$^{13}_{7}N \rightarrow ^{13}_{6}C + \beta^+ + \nu$ (انحلال بيتا الموجبة)

$^{41}_{20}Ca + ^{0}_{-1}e \rightarrow ^{41}_{19}K + \nu$ (الأسر الالكتروني)

**الجواب/**

من ملاحظة المعادلات الثلاث فان العدد الكتلي للنواة الام يبقى ثابت (لا يتغير) اما العدد الذري فيزداد بمقدار واحد في انحلال بيتا السالبة ويقل بمقدار واحد في انحلال بيتا الموجبة والاسر الالكتروني. علما بان :

$(\beta^- = ^{0}_{-1}e \quad , \quad ^{0}_{+1}\beta = ^{0}_{+1}e \quad , \quad \bar{\nu} = ^{0}_{0}\bar{\nu} \quad , \quad \nu = ^{0}_{0}\nu)$

## الواجبات

**مثال1/** للنواة $(^{64}_{29}Cu)$ جد مقدار : (a) شحنة النواة . (b) نصف قطر النواة.

**مثال2/** للنواة $(^{12}_{6}C)$ جد : (1) النقص الكتلي مقدرا بوحدة (u) . (2) طاقة الربط النووية مقدرة بوحدة (MeV)

علما ان كتلة ذرة $(^{12}_{6}C)$ تساوي (12u) ، $(c^2=931MeV/u)$

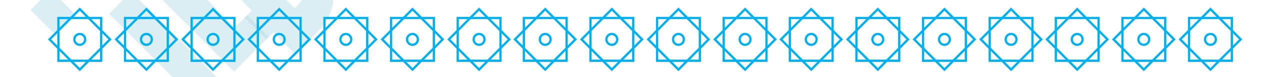
**مثال3/** للنواة $(^{56}_{26}Fe)$ جد كتلة النواة مقدرة بوحدة (u) ومقدار شحنتها.

**مثال4/** جد نصف قطر نواة البولونيوم $(^{216}_{84}Po)$ بوحدة (a) المتر . (b) الفيرمي (F) .

**مثال5/** للنواة $(^{27}_{13}Al)$ احسب :

(1) الكتلة التقريبية للنواة بوحدة (u) مرة وبوحدة (kg) مرة اخرى .
(2) الطاقة المكافئة لهذه الكتلة بوحدة (MeV).
(3) شحنة النواة مع العلم ان (e = 1.6×10-19C).
(4) نصف قطرة النواة مرة بوحدة المتر (m) واخرى بوحدة الفيرمي (F) .

ج/ $(27u , 44.82\times10^{-27}kg , 25137MeV , 20.8\times10^{-19}C , 3.6\times10^{-15}m , 3.6F)$



1) فرق الجهد بين صفيحتي متسعة ثابتة السعة.
ج/ يعتمد على الشحنة المختزنة في أي من صفيحتي المتسعة (تناسب طردي)
2) سعة المتسعة ذات الصفيحتين المتوازيتين .
تعتمد على :
ج/ 1- المساحة السطحية المتقابلة 2- البعد بين الصفيحتين 3- نوع المادة العازلة .
3) ثابت العزل الكهربائي .
ج/ يعتمد على نوع المادة العازلة .
4) القوة المغناطيسية المؤثرة في جسيم مشحون يتحرك داخل مجال مغناطيسي .
ج/ تعتمد على :
1- مقدار شحنة الجسيم (+q) 2- سرعة الجسيم المتحرك ( $v$ ) 3- كثافة الفيض المغناطيسي (B)
4- الزاوية ( $\theta$ ) المحصورة بين متجه السرعة ( $\vec{v}$ ) ومتجه كثافة الفيض المغناطيسي ( $\vec{B}$ ).
5) قوة لورنز؟
ج/ تعتمد على محصلة القوتين الكهربائية والمغناطيسية.
6) القوة الدافعة الكهربائية المحتثة الحركية؟
ج/ تعتمد على :
1- السرعة ( $v$ ) التي تتحرك بها الساق . 2- مقدار كثافة الفيض المغناطيسي (B) . 3- طول الساق ( $\ell$ )
4- وضعية الساق نسبة للفيض المغناطيسي اي الزاوية ($\theta$) المحصورة بين متجه السرعة ( $\vec{v}$ ) ومتجه كثافة الفيض المغناطيسي ( $\vec{B}$ ).
7) القوة المغناطيسية الثانية المتولدة المؤثرة عموديا على ساق موصلة متحركة في مجال مغناطيسي وينساب فيها تيار محتث؟
ج/ تعتمد على :
1- طول الساق المتحركة ( $\ell$ ) 2- مقدار التيار المنساب في الساق (I) 3- كثافة الفيض المغناطيسي (B)
8) الفيض المغناطيسي الذي يخترق سطح ؟
ج/ يعتمد على :
1- كثافة الفيض المغناطيسي 2- مساحة السطح
3- الزاوية بين متجه كثافة الفيض المغناطيسي ومتجه مساحة السطح
9) القوة الدافعة الكهربائية المحتثة في قانون فراداي
ج/ تعتمد على : 1- عدد لفات الملف . 2- المعدل الزمني لتغير الفيض المغناطيسي .
10) قطبية القوة الدافعة الكهربائية المحتثة في قانون فراداي؟
ج/ تعتمد على الفيض المغناطيسي فيما اذا كان متزايدا او متناقصا.
11) ذروة الفولطية .
ج/ تعتمد على :
1- عدد لفات الملف (N) 2- مساحة اللفة الواحدة (A) 3- كثافة الفيض المغناطيسي (B) 4- السرعة الزاوية ($\omega$)
12) الفيض المغناطيسي الذي يخترق ملف .
ج/ يعتمد على التيار المنساب في الملف (تناسب طردي)
13) تغير الفيض المغناطيسي الذي يخترق ملف .
ج/ يعتمد على تغير التيار المار في الملف (تناسب طردي) .
14) معامل الحث الذاتي لملف .
ج/ يعتمد على :
1- عدد لفات الملف 2- حجم الملف 3- الشكل الهندسي للملف 4- النفوذية المغناطيسية لمادة قلب الملف.

15) الطاقة المغناطيسية المختزنة في المحث على :
ج/ يعتمد على :
1- معامل الحث الذاتي للمحث (تناسب طردي) . 2- مربع التيار المار في المحث (تناسب طردي).
16) الفيض المغناطيسي الذي يخترق الملف الثانوي .
ج/ التيار المار في الملف الابتدائي .
17) تغير الفيض المغناطيسي الذي يخترق الملف الثانوي .
ج/ يعتمد على تغير التيار المار في الملف الابتدائي .
18) معامل الحث المتبادل بين ملفين جوفهما هواء ؟
ج/ يعتمد على :
1- ثوابت الملفين $(L_1,L_2)$ أي (حجم كل ملف والشكل الهندسي لكل ملف وعدد حلقات كل ملف والنفوذية المغناطيسية للمادة في جوف كل ملف) .
2- وضعية كل ملف .
3- والفاصلة بين الملفين.
19) معامل الحث المتبادل بين ملفين بينهما قلب مغلق من الحديد المطاوع؟
ج/ يعتمد على ثوابت الملفين $(L_1,L_2)$ فقط .
20) رادة الحث لمحث ؟
ج/ تعتمد على :
1- معامل الحث الذاتي للمحث $(L)$ وتتناسب معه طرديا بثبوت التردد الزاوي $(\omega)$ .
2- التردد الزاوي $(\omega)$ وتتناسب معه طرديا بثبوت معامل الحث الذاتي $(L)$ .
21) رادة السعة لمتسعة .
ج/ تعتمد على :
1- سعة المتسعة $(C)$ وتتناسب معها عكسيا بثبوت التردد الزاوي $(\omega)$ .
2- التردد الزاوي $(\omega)$ وتتناسب معه عكسيا بثبوت سعة المتسعة $(C)$ .
22) نطاق التردد الزاوي .
ج/ يعتمد على :
1- مقاومة الدائرة حيث يتناسب نطاق التردد الزاوي طرديا مع المقاومة .
2- معامل الحث الذاتي للملف حيث يتناسب نطاق التردد الزاوي عكسيا مع معامل الحث الذاتي للملف .
23) عامل النوعية في دائرة تيار متناوب متوالية الربط تحتوي مقاومة صرف ومحث صرف ومتسعة ذات سعة صرف $(R-L-C)$.
ج/عامل النوعية Qf يعتمد على النسبة بين مقداري التردد الزاوي الرنيني $(\omega_r)$ ونطاق التردد الزاوي $(\Delta\omega)$ حيث:

$$Qf = \frac{\omega_r}{\Delta\omega}$$

او يعتمد عامل النوعية على : مقدار المقاومة $(R)$ وعلى معامل الحث الذاتي $(L)$ وعلى سعة المتسعة $(C)$ على وفق العلاقة الاتية :

$$Qf = \frac{1}{R}\sqrt{\frac{L}{C}}$$

24) الممانعة الكلية لدائرة تيار متناوب متوالية الربط تحتوي مقاومة صرف ومحث صرف ومتسعة ذات سعة صرف $(R-L-C)$.
ج/ يعتمد مقدار الممانعة الكلية لدائرة تيار متناوب $(R-L-C)$ على:-
a- مقدار المقاومة $(R)$ b- مقدار معامل الحث الذاتي $(L)$ c- مقدار سعة المتسعة $(C)$.
d- مقدار تردد مصدر الفولطية $(f)$.

وفق العلاقة الآتية :

$$Z = \sqrt{R^2 + (2\pi f L - \frac{1}{2\pi f C}}$$

25) عامل القدرة في دائرة تيار متناوب متوالية الربط تحتوي مقاومة صرف ومحث صرف ومتسعة ذات سعة صرف $(R - L - C)$.

ج/عامل القدرة Pf يعتمد على نسبة القدرة الحقيقة Preal إلى القدرة الظاهرية Papp $(Pf = \frac{P_{real}}{P_{app}})$

او يعتمد على قياس زاوية فرق الطور بين الفولطية الكلية $(V_T)$ والتيار$(I)$ لان $(Pf = \cos\varphi)$

او يعتمد على المقاومة $(R)$ والممانعة $(Z)$. $(Pf = \cos\varphi = \frac{R}{Z})$.

26) فاصلة الهدب؟

ج/ تعتمد على :

1- الطول الموجي للضوء الاحادي اللون المستعمل(علاقة طردية).

2- بعد الشاشة عن حاجز الشقين (علاقة طردية).

3- البعد بين الشقين (علاقة عكسية).

27) نوع التداخل في تجربة شقي يونك؟

ج/ يعتمد على فرق المسار البصري بين الموجتين المتداخلتين.

28) نوع التداخل في الاغشية الرقيقة؟

ج/ يعتمد على :

1- سمك الغشاء:ان الموجات المنعكسة عن السطح الخلفي للغشاء تقطع مسارا اضافيا يعادل ضعف سمك الغشاء.

2- انقلاب الطور:ان الموجات المنعكسة عن السطح الامامي يحصل لها انقلاب بالطور مقداره $(\pi\ rad)$.

29) ثابت المحزز .

ج/ يعتمد على عدد الحزوز في السنتيمتر الواحد (تناسب عكسي) .

30) زاوية الحيود في المحزز؟

ج/ تعتمد على :

1- الطول الموجي للضوء المستعمل $(\lambda)$ 2- ثابت المحزز او عدد حزوزه 3- رقم المرتبة المضيئة $(m)$

31) كون الهدب مضيء ام مظلم في محزز الحيود؟

ج/ يعتمد على فرق المسار البصري بين كل شعاعين صادرين من شقين متجاورين في المحزز.

32) زاوية الدوران البصري في الاستقطاب بالامتصاص الانتقائي؟

ج/ تعتمد على :

1- نوع المادة 2- سمكها 3- تركيز المحلول 4- طول موجة الضوء المار خلالها.

33) درجة الاستقطاب في الضوء بطريقة الانعكاس؟

ج/ تعتمد على زاوية السقوط .

34) زاوية الاستقطاب؟

ج/ تعتمد على معامل انكسار الوسط .

35) شدة الاستطارة ؟

ج/ تعتمد على الاس الرابع للطول الموجي (شدة الاستطارة تتناسب عكسيا مع الاس الرابع للطول الموجي).

36) طبيعة الأشعة المنبعثة من الجسم الأسود؟

ج/ تعتمد على درجة الحرارة المطلقة لجدران الجسم الأسود.

37) شدة الاشعاع المنبعث من الجسم الاسود ؟

ج/ تعتمد على الاس الرابع لدرجة الحرارة المطلقة عدا الصفر المطلق (تناسب طردي) .

سعيد محي تومان

38) الطول الموجي المقابل لاقصى شدة اشعاع منبعث من الجسم الاسود ؟
ج/ يعتمد على درجة الحرارة المطلقة (تناسب عكسي) .
39) طاقة الفوتون الذي يمتصه او يشعه الجسم الاسود ؟
ج/ تعتمد على تردد الاشعاع (تناسب طردي) او طول موجة الاشعاع (تناسب عكسي) .
40) الظاهرة الكهروضوئية
ج/ تعتمد على تردد الضوء الساقط فيما اذا كان مؤثرا او غير مؤثر.
41) تيار الاشباع لتردد معين مؤثر في الخلية الكهروضوئية .
ج/ يعتمد على شدة الضوء الساقط (تناسب طردي) .
42) جهد القطع او الايقاف ؟
ج/ يعتمد على : 1- تردد الضوء الساقط 2- نوع مادة سطح المعدن الباعث.
43) الطاقة الحركية العظمى للالكترونات الضوئية المنبعثة ؟
ج/ تعتمد على : 1- تردد الضوء الساقط . 2- دالة الشغل (او تردد العتبة) للمعدن .
44) زخم الفوتون .
ج/ يعتمد على الطول الموجي المصاحب له (تناسب عكسي) او على تردده (تناسب طردي).
45) طول موجة دي برولي المصاحب للاجسام المتحركة .
ج/ يعتمد على زخم هذه الاجسام أي على (كتلتها وسرعتها) (تناسب عكسي).
46) كثافة الاحتمالية ؟
ج/ تعتمد على قيمة $|\Psi|^2$ وتتناسب معها طرديا.
47) اللادقة في الموضع $(\Delta x)$ .
ج/ تعتمد على اللادقة في الزخم $(\Delta p)$ (تناسب عكسي) .
48) اللادقة في الزخم $(\Delta p)$ .
ج/ تعتمد على اللادقة في الموضع $(\Delta x)$ (تناسب عكسي) .
49) وصف حدث فيزيائي معين .
ج/ نعتمد على اطار اسناد يسمى (S).
50) معدل توليد الازواج (الكترون – فجوة) في شبه الموصل النقي؟
ج/ يعتمد على :
1- درجة حرارة شبه الموصل 2- نوع مادة شبه الموصل.
51) عدد الالكترونات الحرة المنتقلة من حزمة التكافؤ إلى حزمة التوصيل في بلورة شبه الموصل نوع n بثبوت درجة الحرارة؟
ج/ يعتمد على نسبة الذرات المانحة المطعمة بها البلورة.
52) لون الضوء المنبعث من الثنائي الباعث للضوء؟
ج/ يعتمد على نوع المادة المصنوع منها الثنائي.
53) شدة الضوء المنبعث من الثنائي الباعث للضوء؟
ج/ تعتمد على مقدار التيار الامامي للثنائي البلوري المنساب في دائرته حيث تزداد شدة الضوء المنبعث بزيادة التيار (علاقة طردية).
54) التيار المنساب في دائرة الثنائي البلوري pn المتحسس للضوء؟
ج/ يعتمد على شدة الضوء الساقط على الملتقى pn ويتناسب معه طرديا.
55) جهد الحاجز الكهربائي في الثنائي البلوري pn .
يعتمد على :
1- نوع مادة شبه الموصل المستعملة . 2- نسبة الشوائب المطعمة بها (ويزداد بزيادة نسبة الشوائب)
3- درجة حرارة المادة (يزداد بزيادة درجة الحرارة).

56) فكرة الشاشات الرقمية؟
ج/ تعتمد على تركيب مجموعة من الثنائيات على شكل مكون من سبع اضلاع اذ يمكن اظهار الرقم المضيء من (0 – 9) بتوزيع التيار الكهربائي على الثنائي المستعمل لغرض معين.
57) اختيار شكل ونوع الترانزستور لتطبيق معين؟
ج/ يعتمد على ممانعة الدخول وممانعة الخروج.
58) عملية التضخيم في الترانزستور؟
ج/ تعتمد على سيطرة دائرة الدخول ذات القدرة الواطئة على دائرة الخروج ذات القدرة العالية.
59) ربح التيار في المضخم pnp ذو القاعدة المشتركة ؟
ج/ يعتمد على نسبة تيار الجامع ($I_C$) الى تيار الباعث ($I_E$) .
60) ربح التيار في المضخم pnp ذو الباعث المشترك ؟
ج/ يعتمد على نسبة تيار الجامع ($I_C$) الى تيار القاعدة ($I_B$) .
61) ربح الفولطية في المضخم pnp ؟
ج/ يعتمد على : 1- ربح التيار . 2- نسبة مقاومة الخروج الى مقاومة الدخول .
62) ربح القدرة في المضخم pnp
ج/ يعتمد على : 1- ربح التيار . 2- ربح الفولطية .
63) الطيف الناتج من تحليل الاشعاعات المنبعثة من الغازات ؟
ج/ يعتمد على نوع الغاز.
64) شدة الاشعة السينية ؟
ج/ تعتمد على عدد الفوتونات المنبعثة عند طول موجي معين (شدة الاشعة السينية تتناسب طرديا مع عدد الفوتونات).
65) اعظم تردد او اقصر طول موجي لفوتون الاشعة السينية ؟
ج/ يعتمد على فرق الجهد المسلط على طرفي انبوبة الاشعة السينية والذي يعجل الالكترون فيكسبه طاقة حركية.
66) التغير في طول موجة الفوتون المستطار في تاثير كومبتن ؟
ج/ يعتمد على زاوية الاستطارة .
67) قيمة الضوء المنعكس عن المراة ذات الانعكاس الجزئي في المرنان؟
ج/ تعتمد على الطول الموجي لضوء الليزر المتولد.
68) النظرية النسبية؟
ج/ تعتمد على مفهوم اطر الاسناد.
69) وصف النواة كونها ثقيلة او متوسطة او خفيفة؟
ج/ يعتمد على عددها الكتلي (او كتلتها) فيما اذا كان كبيرا او متوسطا او صغيرا على الترتيب.
70) نصف قطر النواة ؟
ج/ يعتمد على العدد الكتلي للنواة حيث يتناسب طرديا مع الجذر التكعيبي للعدد الكتلي ( $R\alpha\sqrt[3]{A}$ )
71) درجة ونوع الضرر الذي يسببه الاشعاع النووي؟
ج/ تعتمد على :
1- نوع الاشعاع 2- طاقة الاشعاع 3- العضو المعرض لهذا الاشعاع.

WWW.iQ-RES.COM

الموقع التعليمي الاول على مستوى العراق

( ... شارك رابط موقعنا ... )
مع اصدقائك لتعم الفائدة
ولا تنسونا من صالح دعائكم










كل ما ينشر في موقعنا من محتوى هو مجاني ولخدمة الطالب العراقي

© WWW.iQ-RES.COM